

近畿・瀬戸内海地区におけるマツノザイセンチュウ 抵抗性個体の選定

岡 田 滋⁽¹⁾・津 田 知 明⁽²⁾

Shigeru OKADA, and Tomoaki TSUDA : Selection of Resistant Pine Trees to the
Pine-wood Nematode in Kinki and Setonaikai

要 旨：昭和40年代に入り西日本各地のアカマツ、クロマツの森林に大発生をみた通称松くい虫といわれるマツノザイセンチュウの被害に対し、昭和53年度からマツノザイセンチュウ抵抗性育種事業が開始された。この事業は、残存率10%以下の激害林分のなかから健全木を選抜し、これらの個体のつぎ木クロウンについて、第1次、第2次と2回のマツノザイセンチュウの人工接種検定を行って、テラダマツ程度以上の抵抗性個体を選定することであった。

関西地区では、兵庫、和歌山、岡山、広島、山口の各県と関西林木育種場が本事業に参加し、アカマツ32本、クロマツ1本の抵抗性個体を選定した。

本報告は、抵抗性候補木の選抜から、人工接種検定、抵抗性個体の選定まで事業の一連の経過を述べるとともに、得られたデータを解析し、またアカマツ、クロマツの精英樹の人工接種検定、抵抗性候補木の自然受粉種子による実生苗の人工接種検定の結果を併せて検討して、アカマツ、クロマツの抵抗性の差、選抜効果、抵抗性の遺伝性、地域的な差などを考察したものである。

目 次

I	はじめに	87
II	マツノザイセンチュウ（材線虫）抵抗性育種事業の実施機関	88
III	材線虫抵抗性候補木（林分）の予備選抜調査	88
1	関西地区における松くい虫被害状況	88
1)	マツ類の被害材積の推移	88
2)	マツ類の造林面積の推移	93
2	関西林木育種場と参加各県における材線虫抵抗性育種事業の対象樹種	94
3	材線虫抵抗性候補木選抜対象林分の分布と特徴	94
IV	材線虫抵抗性個体の選定	95
1	抵抗性候補木の選抜並びに検定法	95
2	機関別、年度別実施数量	95
1)	抵抗性候補木の選抜、第一次人工接種検定（一次検定）	95
2)	第二次人工接種検定（二次検定）	97
3	検定結果のまとめ	98
V	材線虫抵抗性種苗の生産と普及	108
1	一次検定合格木の自然受粉苗の材線虫抵抗性	109
2	選抜効果についての検討	110
3	材線虫抵抗性苗木の普及と材線虫抵抗性採種園の造成	110
VI	総合とりまとめ	111

VII	関西林木育種場における研究業績	112
VIII	引用文献	113
XI	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	114

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 ZUCC.)・クロマツ (*P. thunbergii* PARL.) は温度に対する適応範囲が広いほか、土壌に対する適応も大きく、北海道を除く全土に分布しており、近畿・瀬戸内海地区ではアカマツはほぼ全域に、クロマツは海岸線を中心に河川に沿った低海拔地に自生をみている。また人工造林も盛んで、昭和30年代には、近畿・瀬戸内海地区（三重、滋賀、京都、大阪、兵庫、奈良、和歌山、岡山、広島、山口の各府県、以下近畿・瀬戸内海地区はこの府県を指す。）で年間10万～15万haの造林が行われていた。これはアカマツ、クロマツが生長が良く、強度、腐朽に強く、耐水性のあることなどから建築用材として利用されたことによるもので、当時はスギ (*Cryptomeria japonica* D.DON), ヒノキ (*Chamaecyparis Obtusa* SIEB. et ZUCC.) についてわが国での重要な造林樹種の1つであった。そのほかクロマツは耐風、耐潮性が強く、海岸砂防林として植林され地域の生活環境及び農業生産環境の保全等農業その他の産業に大きな貢献を果してきた。また瀬戸内海国立公園、伊勢志摩国立公園などいずれも景勝の主役をなし観光資源としての重要な役割をもっていた。瀬戸内海の宮島をはじめ芸予、防予、塩飽の各諸島の松林の美観、須磨の海岸林など有名であり、また内陸部の大山松、滑松などは優良材の産地として知られており、広島、山口両県の天然性アカマツは素性が良く建築用材として高く評価されてきた。

関西地方での通称松くい虫の被害発生は大正3年兵庫県赤穂城の老松が枯死し、その後町内に広がったことが最初の記録となっているが、¹⁾昭和初期まで兵庫県各地に多発傾向がみられ、昭和14年から被害は岡山県下に広がり30年代の後半から50年代の前半にかけ瀬戸内海沿岸を中心に山陽地方、近畿地方の全域に被害の大発生が続いた。近畿・瀬戸内海地区の全体の被害は38年に6万m²弱であったが49年に52万m²、50年に53万m²と10倍近い被害となった。この間、瀬戸内海沿岸、各諸島、南紀地方のアカマツ、クロマツ林はほぼ壊滅状態となった。

一方松くい虫の研究面で昭和44年に材線虫（マツノザイセンチュウ *Bursaphelenchus xylophilus* (STEINER et BUHRER) NICKLE）が発見されまつ枯れ現象の原因が明らかになった。²⁾更に46年材線虫の媒介昆虫はマツノマダラカミキリ (*Monochamus alternatus* HOPE) であることが発見され、³⁾まつ枯れのメカニズムが逐次解明されてきた。そして防除法についてさまざまな研究が進められてきたが、そのなかで各種マツの被害状況や、マツノザイセンチュウ（以下、材線虫と略記する）の接種試験などからマツ層のなかで抵抗性に違いのあることが明らかとなり、テーダマツ (*Pinus teada* L.), リキダマツ (*Pinus rigida* MILL.) などが材線虫に強いこと、邦産アカマツ、クロマツにも抵抗性に違いのあることが明らかとなってきた。⁴⁾⁵⁾こうした基礎研究をもとに、関西林木育種場では独自に昭和48年から激害林分からの抵抗性候補木の選抜法、材線虫の接種検定法、検定用材線虫の増殖法などの研究を実施してきた。⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾

材線虫抵抗性育種に関しては、全国的にみて最も早く被害が発生し、しかも激しかった九州においては早くから対策への取り組みが開始されており、九州林木育種場と林業試験場九州支場が中心となり、関西林木育種場、同四国支場が協力し、これまでの研究成果をもとに材線虫抵抗性育種の方法論の組立てと同技術開発にあたった。昭和51、52の両年度の材線虫抵抗性候補木（林分）の予備選抜に引き続いて、53年から59年まで7年間にわたって本事業が実施された結果、兵庫、和歌山、岡山、広島の各県でアカマツ32本、クロマツ1本の材線虫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造成が進められており、昭和60年代の後半には抵抗性山行苗が生産される見通しとなっている。材線虫抵抗性要因及びその遺伝様式の解明、抵抗性遺伝子の集積、優良形質の組合せなどが新たな研究目標となった。

また事業面では本抵抗性採種園の着花結実促進の技術開発による種子の量産など今後に残された課題も多いが、材線虫抵抗性個体の選定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、予備選抜調査、採穂、つぎ木増殖、材線虫の人工接種検定(検定)、結果のとりまとめなど長期間にわたり、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ぼう大な数にのぼる。本報にはこの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 マツノザイセンチュウ(材線虫)抵抗性育種事業の実施機関

関西林木育種場、兵庫県、和歌山県、岡山県、広島県、山口県

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」に先立ち、抵抗性候補木の選抜要領の作成と選抜母集団の実態把握のため、昭和51年度、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。

予備選抜は、本事業において激害枯損林分から健全個体を選抜するもので、マツの激害型枯損と発生環境についての気温、降水量などの気象要因及びマツノマダラカミキリ、マツノザイセンチュウの生態などの研究例をもとに、¹⁰⁾¹¹⁾その被害が特に発生し易い地域を調査区域として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 //

上記に該当するマツ林の中で材線虫の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材線虫抵抗性があると推測される集団あるいは個体を特異集団(内陸)とした(Table 2, Table 3, Fig. 1)。これらの林分について健全木の残全木の本数、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。

1 関西地区における松くい虫被害状況

1) マツ類の被害材積の推移

中国地区の松くい虫の被害は記録として、兵庫県赤穂城の老松の枯死が最初であるが、¹⁾その後大正10年現在の相生市八幡神社の老松並木に発生し、全滅させ当時大変な注目をひいた。昭和3年兵庫県明石城の老松が枯死、被害が次第に激化してきた。このように被害発生の初期は老松が枯死し、これを中心に同心円的に周囲に広がる傾向が強かったが、昭和の初期から昭和10年代にかけて兵庫県、岡山県の瀬戸内海沿岸を中心に壮齡林にまん延し、その被害は甚大となった。そして昭和30年代の後半までは数年間のサイクルを置いて波状的に被害が拡大していった。この間、特筆すべきこととして、昭和7年に滋賀県に被害発生がみられたこと、また昭和13年には兵庫県が県令で「松樹害虫駆除予防規則」を制定し、防除命令、補助金交付を行ったこと、昭和38年六甲山で被害防除のための50haの薬剤空散を実施したことなど、またこの年は太平洋岸に

昭和51・52年度調査

県 別	樹 種	区 分	残 存 率 別 本 数 (箇所数)							第 一 次 検定予定 本 数
			1.0%以下	1.1～5.0%	5.1～10.0%	小 計	11～30%	31～100%	合 計	
兵 庫 県	アカマツ	激 害 地(海岸型)	19 (2)	279 (20)	95 (6)	393 (28)	181 (6)		574 (34)	
		特異集団(内陸型)	255 (18)	125 (9)	63 (5)	443 (32)	89 (3)		532 (35)	
		計	274 (20)	404 (29)	158 (11)	836 (60)	270 (9)		1,106 (69)	360
	クロマツ	激 害 地(海岸型)	109 (7)	505 (20)	107 (3)	721 (30)			721 (30)	
		特異集団(内陸型)	112 (13)	40 (3)	16 (1)	168 (17)			168 (17)	
		計	121 (20)	545 (23)	123 (4)	889 (47)			889 (47)	180
	計	激 害 地(海岸型)	128 (9)	784 (40)	202 (9)	1,114 (58)	181 (6)		1,295 (64)	
		特異集団(内陸型)	367 (31)	165 (12)	79 (6)	611 (49)	89 (3)		700 (52)	
		計	495 (40)	949 (52)	281 (15)	1,725(107)	270 (9)		1,995(116)	540
和 歌 山 県	アカマツ	激 害 地(海岸型)	82 (3)	350 (6)		432 (9)			432 (9)	
		特異集団(内陸型)	1 (1)			1 (1)			1 (1)	
		計	83 (4)	350 (6)		433 (10)			433 (10)	680
	クロマツ	激 害 地(海岸型)	35 (11)	3 (1)	804 (19)	842 (31)			842 (31)	
		特異集団(内陸型)						15 (1)	15 (1)	
		計	35 (11)	3 (1)	804 (19)	842 (31)		15 (1)	857 (32)	520
	計	激 害 地(海岸型)	117 (14)	353 (7)	804 (19)	1,274 (40)			1,274 (40)	
		特異集団(内陸型)	1 (1)			1 (1)		15 (1)	16 (2)	
		計	118 (15)	353 (7)	804 (19)	1,275 (41)		15 (1)	1,290 (42)	1,200
岡 山 県	アカマツ	激 害 地(海岸型)	31 (6)	168 (13)	290 (7)	489 (26)	193 (5)		682 (31)	
		特異集団(内陸型)		285 (8)	57 (3)	342 (11)	176 (4)	100 (1)	618 (16)	
		計	31 (6)	453 (21)	347 (10)	831 (37)	369 (9)	100 (1)	1,300 (47)	1,120
	クロマツ	激 害 地(海岸型)	136 (15)	437 (37)	88 (7)	661 (59)	285 (6)		946 (65)	
		特異集団(内陸型)	49 (3)	2 (1)		51 (4)			51 (4)	
		計	185 (18)	439 (38)	88 (7)	712 (63)	285 (6)		997 (69)	80
	計	激 害 地(海岸型)	167 (21)	605 (50)	378 (14)	1,150 (85)	478 (11)		1,628 (96)	
		特異集団(内陸型)	49 (3)	287 (9)	57 (3)	393 (15)	176 (4)	100 (1)	669 (20)	
		計	216 (24)	892 (59)	435 (17)	1,543(100)	654 (15)	100 (1)	2,297(116)	1,200
広 島 県	アカマツ	激 害 地(海岸型)	11 (3)	28 (7)	9 (4)	48 (14)	53 (2)		101 (16)	
		特異集団(内陸型)								
		計	11 (3)	28 (7)	9 (4)	48 (14)	53 (2)		101 (16)	230
	クロマツ	激 害 地(海岸型)	14 (3)	56 (20)	27 (7)	97 (30)	15 (4)		112 (34)	
		特異集団(内陸型)								
		計	14 (3)	56 (20)	27 (7)	97 (30)	15 (4)		112 (34)	270
	計	激 害 地(海岸型)	25 (6)	84 (27)	36 (11)	145 (44)	68 (6)		213 (50)	
		特異集団(内陸型)								
		計	25 (6)	84 (27)	36 (11)	145 (44)	68 (6)		213 (50)	500
山 口 県	アカマツ	激 害 地(海岸型)	266 (48)	63 (3)	130 (2)	459 (53)	93 (2)		552 (55)	
		特異集団(内陸型)								
		計	266 (48)	63 (3)	130 (2)	459 (53)	93 (2)		552 (55)	500
	クロマツ	激 害 地(海岸型)	175 (43)	21 (7)		196 (50)			196 (50)	
		特異集団(内陸型)								
		計	175 (43)	21 (7)		196 (50)			196 (50)	200
	計	激 害 地(海岸型)	441 (91)	84 (10)	130 (2)	655(103)	93 (2)		748(105)	
		特異集団(内陸型)								
		計	441 (91)	84 (10)	130 (2)	655(103)	93 (2)		748(105)	700
県 計	アカマツ	激 害 地(海岸型)	409 (62)	888 (49)	524 (19)	1,821(130)	520 (15)		2,341(145)	
		特異集団(内陸型)	256 (19)	410 (17)	120 (8)	786 (44)	265 (7)	100 (1)	1,151 (52)	
		計	665 (81)	1,298 (66)	644 (27)	2,607(174)	785 (22)	100 (1)	3,492(197)	2,890
	クロマツ	激 害 地(海岸型)	469 (79)	1,022 (85)	1,026 (36)	2,517(200)	300 (10)		2,817(210)	
		特異集団(内陸型)	161 (16)	42 (4)	16 (1)	219 (21)		15 (1)	234 (22)	
		計	630 (95)	1,064 (89)	1,042 (37)	2,736(221)	300 (10)	15 (1)	3,051(232)	1,250
	計	激 害 地(海岸型)	878(141)	1,910(134)	1,550 (55)	4,338(330)	820 (25)		5,158(355)	
		特異集団(内陸型)	417 (35)	452 (21)	136 (9)	1,005 (65)	265 (7)	115 (2)	1,385 (74)	
		計	1,295(176)	2,362(155)	1,686 (64)	5,343(395)	1,085 (32)	115 (2)	6,543(429)	4,140
関西林木 育 種 場	アカマツ								2,500	
	クロマツ								500	
	計								3,000	
関 西 計	アカマツ								5,390	
	クロマツ								1,750	
	計								7,140	

ア. 激害地（海岸型）

Table 3. 残存率区分別の材線虫抵抗性候補木本数明細表

昭和51・52年度調査

樹 種	県 名	残 存 率 別 本 数 (箇所数)														合 計
		0.005～ 0.01%	0.02～ 0.05%	0.06～ 0.1%	0.2～ 0.5%	0.6～ 1.0%	1.1～ 2.5%	2.6～ 5.0%	5.1～ 7.5%	7.6～ 10%	11～15%	16～20%	21～30%	31～ 100%		
アカマツ	兵 庫 県					19 (2)	132 (9)	147(11)	85 (5)	10 (1)	48 (2)	57 (1)	76 (3)	574 (34)		
	和歌山県					82 (3)	250 (3)	100 (3)						432 (9)		
	岡 山 県					31 (6)	32 (6)	136 (7)	147 (5)	143 (2)	96 (2)	90 (2)	7 (1)	682 (31)		
	広 島 県					11 (3)	13 (4)	15 (3)	5 (2)	4 (2)	7 (1)		46 (1)	101 (16)		
	山 口 県	2 (2)	9 (4)	36(13)	124(20)	95 (9)	60 (2)	3 (1)	130 (2)		93 (2)			552 (55)		
	計	2 (2)	9 (4)	36(13)	124(20)	238(23)	487(24)	401(25)	367(14)	157 (5)	244 (7)	147 (3)	129 (5)	2,341(145)		
クロマツ	兵 庫 県				70 (4)	39 (3)	315(11)	190 (9)	42 (1)	65 (2)				721 (30)		
	和歌山県		30 (9)			5 (2)		3 (1)	804(19)					842 (31)		
	岡 山 県		4 (1)			132(14)	132(15)	305(22)	24 (4)	64 (3)	98 (2)	13 (1)	174 (3)	946 (65)		
	広 島 県					14 (3)	19 (8)	37(12)	14 (4)	13 (3)	10 (2)	2 (1)	3 (1)	112 (34)		
	山 口 県	11 (4)	3 (2)	32(11)	105(20)	24 (6)	8 (3)	13 (4)						196 (50)		
	計	11 (4)	37(12)	32(11)	175(42)	214(28)	474(37)	548(48)	884(28)	142 (8)	108 (4)	15 (2)	177 (4)	2,817(210)		
アカマツ クロマツ	兵 庫 県				70 (4)	58 (5)	447(20)	337(20)	127 (6)	75 (3)	48 (2)	57 (1)	76 (3)	1,295 (64)		
	和歌山県		30 (9)			87 (5)	250 (3)	103 (4)	804(19)					1,274 (40)		
	岡 山 県		4 (1)			163(20)	164(21)	441(29)	171 (9)	207 (5)	194 (4)	103 (3)	181 (4)	1,628 (96)		
	広 島 県					25 (6)	32(12)	52(15)	19 (6)	17 (5)	17 (3)	2 (1)	49 (2)	213 (50)		
	山 口 県	13 (6)	12 (6)	68(24)	229(40)	119(15)	68 (5)	16 (5)	130 (2)		93 (2)			748(105)		
	計	13 (6)	46(16)	68(24)	299(44)	452(51)	961(61)	949(73)	1,251(42)	299(13)	352(11)	162 (5)	306 (9)	5,158(355)		

イ. 特異集団（内陸型）

樹 種	県 名	残 存 率 別 本 数 (箇所数)													合 計
		0.005～ 0.01%	0.02～ 0.05%	0.06～ 0.1%	0.2～ 0.5%	0.6～ 1.0%	1.1～ 2.5%	2.6～ 5.0%	5.1～ 7.5%	7.6～ 10%	11～15%	16～20%	21～30%	31～ 100%	
アカマツ	兵 庫 県				80 (7)	175(11)	103(11)	22 (3)	36 (2)	27 (3)		21 (1)	68 (2)		532 (35)
	和歌山県	1 (1)													1 (1)
	岡 山 県						12 (2)	273 (6)	29(2)	28(1)	86 (2)		90 (2)	100 (1)	618 (16)
	広 島 県														
	山 口 県														
	計	1 (1)			80 (7)	175(11)	115 (8)	295 (9)	65 (4)	55 (4)	86 (2)	21 (1)	158 (4)	100 (1)	1,151 (52)
クロマツ	兵 庫 県				40 (7)	72 (6)	28 (2)	12 (1)	16 (1)						168 (17)
	和歌山県													15 (1)	15 (1)
	岡 山 県					49 (3)	2 (1)								51 (4)
	広 島 県														
	山 口 県														
	計				40 (7)	121 (9)	30 (3)	12 (1)	16 (1)					115 (2)	234 (22)
アカマツ クロマツ	兵 庫 県				120(14)	247(17)	131 (8)	34 (4)	52 (3)	27 (3)		21 (1)	68 (2)		700 (52)
	和歌山県	1 (1)												15 (1)	16 (2)
	岡 山 県					49 (3)	14 (3)	273 (6)	29 (2)	28 (1)	86 (2)		90 (2)	100 (1)	669 (20)
	広 島 県														
	山 口 県														
	計	1 (1)			120(14)	296(20)	145(11)	307(10)	81 (5)	55 (4)	86 (2)	21 (1)	158 (4)	115 (2)	1,385 (74)

ウ. 合計 (激害地, 特異集団計)

樹 種	県 名	残 存 率 別 本 数 (箇所数)													合 計
		0.005～ 0.01%	0.02～ 0.05%	0.06～ 0.1%	0.2～ 0.5%	0.6～ 1.0%	1.1～ 2.5%	2.6～ 5.0%	5.1～ 7.5%	7.6～ 10%	11～15%	16～20%	21～30%	31～ 100%	
アカマツ	兵 庫 県				80 (7)	194 (13)	235 (15)	169 (14)	121 (7)	37 (4)	48 (2)	78 (2)	144 (5)		1,106 (69)
	和歌山県	1 (1)				82 (3)	250 (3)	100 (3)							433 (10)
	岡 山 県					31 (6)	44 (8)	409 (13)	176 (7)	171 (3)	182 (4)	90 (2)	97 (3)	100 (1)	1,300 (47)
	広 島 県					11 (3)	13 (4)	15 (3)	5 (2)	4 (2)	7 (1)		46 (1)		101 (16)
	山 口 県	2 (2)	9 (4)	36 (13)	124 (20)	95 (9)	60 (2)	3 (1)	130 (2)		93 (2)				552 (55)
	計	3 (3)	9 (4)	36 (13)	204 (27)	413 (34)	602 (32)	696 (34)	432 (18)	212 (9)	330 (9)	168 (4)	287 (9)	100 (1)	3,492 (197)
クロマツ	兵 庫 県				110 (11)	111 (9)	343 (13)	202 (10)	58 (2)	65 (2)					889 (47)
	和歌山県		30 (9)			5 (2)		3 (1)	804 (19)					15 (1)	857 (32)
	岡 山 県		4 (1)			181 (17)	134 (16)	305 (22)	24 (4)	64 (3)	98 (2)	13 (1)	174 (3)		997 (69)
	広 島 県					14 (3)	19 (8)	37 (12)	14 (4)	13 (3)	10 (2)	2 (1)	3 (1)		112 (34)
	山 口 県	11 (4)	3 (2)	32 (11)	105 (20)	24 (6)	8 (3)	13 (4)							196 (50)
	計	11 (4)	37 (12)	32 (11)	215 (31)	335 (37)	504 (40)	560 (49)	900 (29)	142 (8)	108 (4)	15 (2)	177 (4)	15 (1)	3,051 (232)
アカマツ クロマツ	兵 庫 県				190 (18)	305 (22)	578 (28)	371 (24)	179 (9)	102 (6)	48 (2)	78 (2)	144 (5)		1,995 (116)
	和歌山県	1 (1)	30 (9)			87 (5)	250 (3)	103 (4)	804 (19)					15 (1)	1,290 (42)
	岡 山 県		4 (1)			212 (23)	178 (24)	714 (35)	200 (11)	235 (6)	280 (6)	103 (3)	271 (6)	100 (1)	2,297 (116)
	広 島 県					25 (6)	32 (12)	52 (15)	19 (6)	17 (5)	17 (3)	2 (1)	49 (2)		213 (50)
	山 口 県	13 (6)	12 (6)	68 (24)	229 (40)	119 (15)	68 (5)	16 (5)	130 (2)		93 (2)				748 (105)
	計	14 (7)	46 (16)	68 (24)	419 (58)	748 (71)	1,106 (72)	1,256 (83)	1,332 (47)	354 (17)	438 (13)	183 (6)	464 (13)	115 (2)	6,543 (429)



Fig. 1 材線虫抵抗性候補木選抜予定地の分布状況

異状乾燥があり和歌山県で2万㎡の被害がでたことなどの記録がある。¹¹⁾

昭和40年代に入り、被害は単に瀬戸内海沿岸地帯にとどまらず、次第に内陸部に侵入し山陽地方でははなはだしく増加した。昭和48年広島県宮島の被害がピークとなり、重要な問題となったが、昭和49年には中国、近畿地方併せて全国の被害総材積の53%に当る52万㎡の被害を受けている。(Fig. 2)昭和50年以降は被害が除々に沈静化し膠着状態を保っているが、これはマツノマダラカミキリの寄生被害木となる上木が殆んど全滅してしまったことなどによるものと考えられ、最近では幼齢木にまで被害がみられること、海岸線からかなり奥地まで被害が発生していることなど再発の危険性は残されている。また本事業発足当初、激害林分の少なかった北陸・山陰地方にも蔓延傾向がみられ、積雪地帯での被害の対応など今後の課題もある。

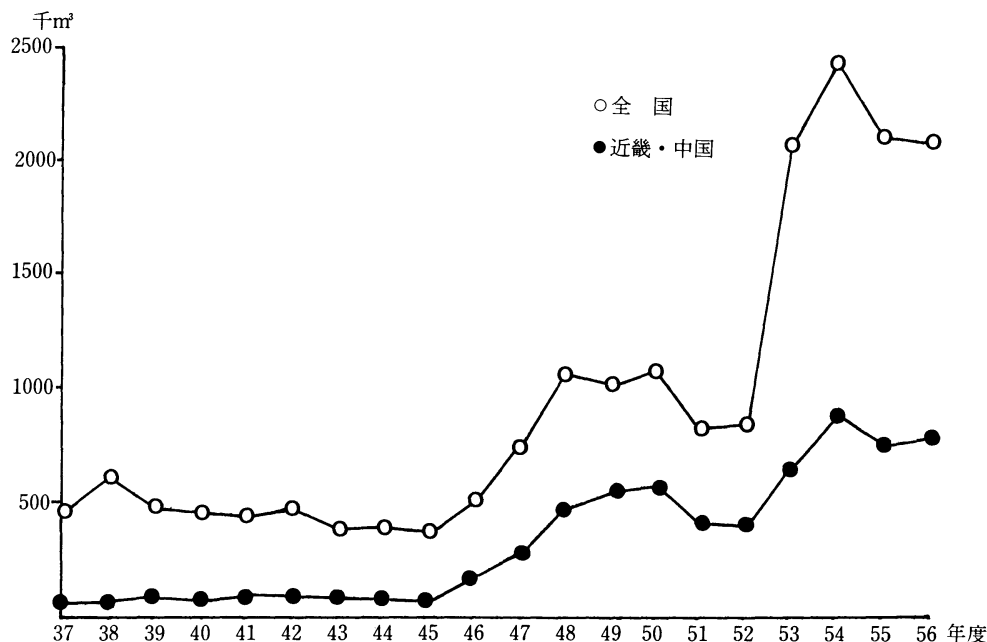


Fig. 2 松くい虫による補害材面積の推移

2) マツ類の造林面積の推移

マツ類はわが国では天然下種更新の最も容易な樹種の1つであり、クロマツは海岸線の潮風に強く、アカマツは花崗岩、流紋岩、第3期層などを母材とした未熟土や侵食土など樹木として悪条件の下でも森林を作り得る。¹²⁾そのため治山治水、水源涵養、海岸砂防など古くから造林されており、また一部の林地帯でも用材生産用として造林されてきた。戦後はパルプ材の需要が激増したため天然林の伐採が進み、パルプ用材としてのマツ類の植栽造林も急増した。しかしパルプ原料用の代替樹種ができたこと、建築用材の価格の高騰もあって造林面積が減少するとともに、目的も建築用材の生産へと変った。更に40年代に入り松くい虫の激害にともない人工造林は急激に減少した (Fig. 3)。ちなみに昭和40年には中国・近畿地方のスギ、ヒノキ、マツの年間造林面積は約70,000haでそのうちのマツ類は24%に当る17,000haであったが、昭和50年には約39,000haに対しマツ類のそれは8%に当る3,000haとなっている。現在はマツの造林比率は更に低下し、かわってヒノキの造林比率が急激に高まっている。これはマツ枯れ跡地にヒノキを植える樹種転換や、スギの用材価格の低迷にともなう造林などの結果と考えられるが、せき悪林地でのヒノキ造林は適地の問題もあり、古くから景勝地の多い観光地では、美観を保つ松林の意義は大きく、本事業による抵抗性種苗が量産され、

普及段階に進んだ場合はかなりの造林が復活されるものと考えられる。

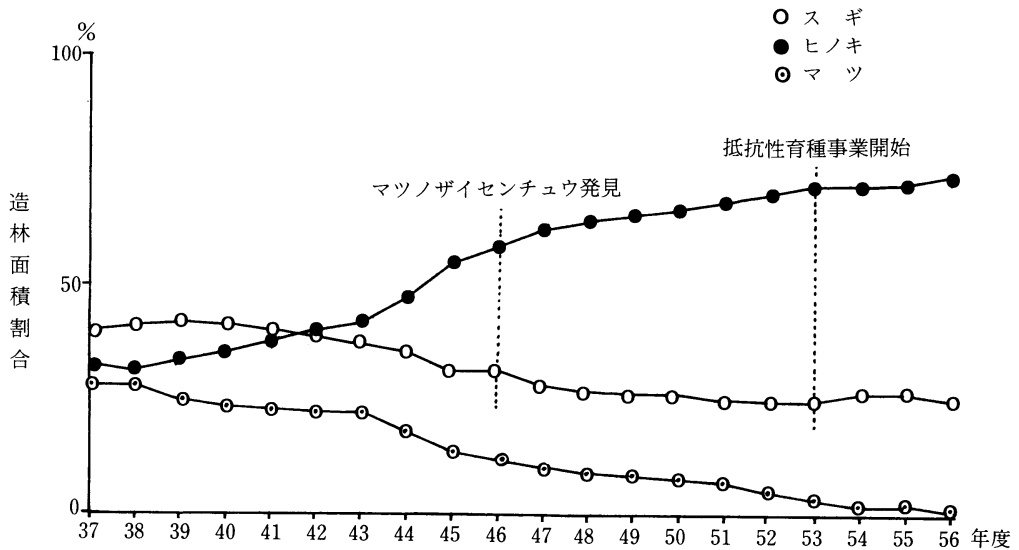


Fig. 3 近畿・中国地区における樹種別造林面積の推移

2 関西林木育種場と参加各県における材線虫抵抗性育種事業の対象樹種

関西地方で材線虫の被害を受けている主要樹種はアカマツ、クロマツの2種で、これらを「マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業」の対象樹種とした。

3 材線虫抵抗性候補木選抜対象林分の分布と特徴

兵庫、岡山、広島、山口の瀬戸内海地区の被害林分の多くは、昭和20年代あるいはそれ以前の古くから被害を受けた2次林で、被害林分の林齢は31～60年までの林分が大半を占めている。土壌は花崗岩、流紋岩、段丘砂礫層などを基岩とする未熟土、受蝕土、乾性土壌の多い地域となっている。

気温は年平均気温が14℃以上、年降水量が1,500mm以下の温暖寡雨の気象条件となっているが、岡山県の激害地は6～9月の年平均気温が15～16℃で、激害地のほとんどがMB指数44以上となっている。また山口県では激害地が瀬戸内海側の15℃以上の地域に集中し15℃以下のやゝ内陸部になると中～激害林分はほとんどなくなり13℃以下の内陸山間部では被害がみられない状況である。広島県、山口県とも標高200m以下の地帯で被害量が最も多い傾向にある。

被害地域は、兵庫県は瀬戸内海地区で最も早く松くい虫の被害の発生があった地域とされているが、昭和51年末現在松林面積の31%に当たる44,000haが被害を受け、この内43,000haが瀬戸内海沿岸と淡路島で、被害本数率10%以上の林分は海岸線から25km以内の範囲にあり、県下の平地、低山地帯のほとんどの地域に材線虫の分布がみられ、被害は更に広がる可能性がある。岡山県の激害地は県南東部の工業地帯、都市人口の集中化地域として備前市、岡山市、玉野市、倉敷市など都市を中心に認められており、邑久町、真備町に被害が広がっている。最近では津山市を中心とした丘陵地帯が激害地域となっている。

山口県は県東部の柳井市を中心とする周南丘陵、周南島岐群、防府市、宇部市周辺及び長門丘陵地帯、県西部の下関丘陵地帯に激害地が集中しており、県東部と西端部は戦後に発生した最も古くからの被害地であり、長門丘陵地帯は昭和40年以降の被害発生地である。

南紀地方の和歌山県では昭和45年当時までは海岸線約5～6kmの帯状に県の中部までが激害地とされてい

たが、予備選抜時点では海岸線から20～25kmの地点の環境条件の比較的良好な地帯にまで被害が拡大し、しかも林齢10年内外の幼齢木まで被害が及んでいた。また調査林分も大部分が進行型で、今後被害率が更に上がることが予想された。

以上材線虫抵抗性候補林分の特徴を述べたが、いずれの林分も被害がこれで止まる傾向はみられず、残存木も今後被害を受ける可能性のあることが示唆されていた。

IV 材線虫抵抗性個体の選定

1 抵抗性候補木の選抜並びに検定法

昭和52年4月「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⁾並びに同資料編¹³⁾が林野庁より発表され、選抜育種による事業化への大綱が示された。

具体的な実施方法について報告書の内容を要約すると

- 1) 激害林分（残存率10%以下の林分）から生き残った個体を選抜する。
- 2) 抵抗性の検定は選抜された候補木のつぎ木苗を用いて「剥皮接種法（改良型）」で材線虫1万頭を接種する。接種は1候補木について、第一回の接種でスクリーニングしたものについて第二回目の接種を行う。接種時期は、温度、乾燥条件の維持が容易な7月下旬とし、検定条件の設定可能なガラス温室を用いる。
- 3) 接種検定用材線虫の大量増殖が必要である。
- 4) 最終的にテーダマツ程度の抵抗性を有する個体を抵抗性個体として決定する。

昭和53年にはこの検討報告書をもとに「マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業実施要領」¹⁴⁾が定められ事業実施の運びとなった。抵抗性候補木の選抜本数は、九州林木育種場で実施された材線虫抵抗性育種パイロットテストをもとに算定され、確率的に残存率10%以下の激害林分から25,000本の健全木を選抜することとした。また関西・四国・九州で採種園造成に必要なアカマツ50本、クロマツ50本計100本の抵抗性個体の確定が可能であることが示されており、¹³⁾各地域の被害の実態と予備選抜の調査結果をもとに実施機関の選抜本数の分担見通しが立てられた。

2 機関別・年度別実施数量

- 1) 抵抗性候補木の選抜，第一次人工接種検定（一次検定）

昭和51年，52年に実施した予備選抜の結果をもとに各機関での第一次検定の予定本数が定められ，これに基づいて候補木の選抜が行われた。各県の予定本数が不足するため，関西林木育種場は，岡山県の倉敷以西，兵庫県の揖保川以西，和歌山県の有田郡以北を担当し，各県と地域を分担して実施した。なお本事業実施に当たっての抵抗性候補木の選抜は53年度から55年度まで実施されたため，予備選抜の際候補木としてリストアップされた個体が枯死したものもあり，新たに選抜しなおした林分もある。選抜の計画は昭和55年度までとなっていたが，検定の結果，クロマツの合格率が極めて低かったことから，58年度に追加選抜を行った。追加選抜地区は岡山県の西部海岸付近寄島町に限定して実施した。また関西林木育種場並びに同山陰支場に集植されているアカマツ，クロマツの精英樹についても56年度と57年度の2箇年にわたって採穂，検定を行った。これら候補木，精英樹は昭和53年に示された「マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業実施要領」に基づいてつぎ木増殖，検定が行われたが，検定の可否の判定は，

$$a \geq A \text{ 又は } b \geq B$$

注：a＝候補木クロウンの生存率

Table 4. 材線虫抵抗性候補木の年度別選抜本数と一次検定合格本数

アカマツ

年度	53 (55)		54 (56)		55 (57)		56 (58)		57 (59)		58 (60)		59		計		備 考
機関	選抜本数	一 次 合格本数	選抜本数	一 次 合格本数	選抜本数	一 次 合格本数	選抜本数	一 次 合格本数	選抜本数	一 次 合格本数	選抜本数	一 次 合格本数	選抜本数	一 次 合格本数	選抜本数	一 次 合格本数	
兵 庫 県	117 (106)	2	120 (84)	0	120 (124)	7									357 (314)	9	
和歌山県	140 (37)	0	270 (351)	26	270 (280)	9			13(13)	1	8(8)	2	10		711 (689)	38	61年度1次検定10合格3
岡 山 県	346 (240)	5	370 (354)	21	380 (467)	124									1,096(1,061)	150	
広 島 県	102 (86)	20	80 (69)	1	96 (123)	8									278 (278)	29	
山 口 県	150 (150)	0	150 (150)	3	200 (200)	1									500 (500)	4	
小 計	855 (619)	27	990(1,008)	51	1,066(1,194)	149			13(13)	1	8(8)	2	10		2,942(2,842)	230	
育 種 場	770 (419)	48	878 (929)	33	880 (830)	63	(243)	(6)							2,528(2,178) (243)	144 (6)	
小 計	770 (419)	48	878 (929)	33	880 (830)	63	(243)	(6)							2,528(2,178) (243)	144 (6)	
計	1,625(1,038)	75	1,868(1,937)	84	1,946(2,024)	212	(243)	(6)	13(13)	1	8(8)	2	10		5,470(5,020) (243)	374 (6)	

クロマツ

年度	53 (55)		54 (56)		55 (57)		56 (58)		57 (59)		58 (60)		59		計		備 考
機関	選抜本数	一 次 合格本数	選抜本数	一 次 合格本数	選抜本数	一 次 合格本数	選抜本数	一 次 合格本数	選抜本数	一 次 合格本数	選抜本数	一 次 合格本数	選抜本数	一 次 合格本数	選抜本数	一 次 合格本数	
兵 庫 県	63 (53)	0	60 (67)	3	60 (58)	0									183 (178)	3	
和歌山県	260(165)	0	130(150)	5	130(154)	5			8 (8)	0	12 (12)	2	10		550 (489)	12	61年度1次検定10合格0
岡 山 県	54 (27)	0	30 (53)	0	20 (20)	0									104 (100)	0	
広 島 県	58 (27)	2	90 (72)	0	90(107)	2									238 (206)	4	
山 口 県	60 (60)	0	60 (60)	0	80 (80)	0									200 (200)	0	
小 計	495(332)	2	370(402)	8	380(419)	7			8 (8)	0	12 (12)	2	10		1,275(1,173)	19	
育 種 場	216(152)	3	122(154)	2	135(137)	1	(21)	(0)	(80)	(0)	101(101)	0			574 (544) (101)	6 (0)	
小 計	216(152)	3	122(154)	2	135(137)	1	(21)	(0)	(80)	(0)	101(101)	0			574 (544) (101)	6 (0)	
計	711(484)	5	492(556)	10	515(556)	8	(21)	(0)	8 (8) (80)	(0)	113(113)	2	10		1,849(1,717) (101)	25 (0)	

年度の()は検定年度, 選抜本数の()は検定候補木数, ()は精英樹の検定本数並に合格本数

A = テーダマツの生存率

b = 候補木クローンの健全率

B = テーダマツの健全率

によった。

Table 4 に年度別、機関別選抜本数と一次検定合格本数を示す。この表からアカマツ候補木では5,470本が選抜され、内5,020本について検定が行われ、一次検定の合格数は374本であった。アカマツ精英樹では243本について検定が行われ6本が合格した。クロマツ候補木では1,849本が選抜され、内1,717本について検定が行われ、一次検定の合格数は25本であった。クロマツ精英樹は101本について検定が行われたが一次検定ですべて不合格となった。アカマツ、クロマツとも検定数が選抜数より少なかった理由は、選抜して採穂、つぎ木増殖後、一部の原木が枯死したため、その段階で不合格とし、検定を中止したことによるものである。またTable 4 中、年度別に選抜数と検定数に過不足があるのは、つぎ木を行った結果、検定数10本に足りるだけのつぎ木苗の育成ができなかった個体について、翌年に再度つぎ木を行って検定を繰り越したものの、また前述のつぎ木増殖後原木が枯死し検定を中止したことなどによるものである。選抜本数に対する一次検定合格率の割合は近畿・瀬戸内海地区の各機関全体で、アカマツ候補木6.83%、クロマツ候補木1.35%となった。

2) 第二次人工接種検定（二次検定）

一次検定は選抜を実施した各機関ごとに実施され、1 候補木当り10本のつぎ木苗に接種し、テーダマツとの比較で合否を決めた。二次検定は接種法、合否の判定は一次検定と同じであるが、精度を高めるため、検定数を1 候補木当り20本とし、またつぎ木苗の生育条件、接種から検定終了までの環境条件などを揃えるためすべて関西林木育種場で実施した。アカマツ374本、クロマツ25本について、つぎ木苗の苗高が検定に必要な高さまで達しなかった1 部の個体を除いて昭和57年度から59年度の3 箇年にわたって実施した。その結果、アカマツ36個体が合格基準に達したが、4 個体は原木が枯死したため不合格とみなし最終的にアカマツ32個体を材線虫抵抗性個体として選定した。クロマツについては、アカマツとの比較において材線虫抵抗性が低いことや変異幅の狭いなどを考慮して、接種6 週間後においてテーダマツの生存率の60%以上を示すクローンを合格とすることとし、その結果クロマツ1 個体を材線虫抵抗性個体として選定した。

Table 5. 機関別の材線虫抵抗性候補木選抜本数と一次及び二次検定合格本数

機 関	樹 種	選抜本数	一次合格本数	二次合格本数
兵 庫 県	アカマツ	357	9	0
	クロマツ	183	3	0
和歌山県	アカマツ	711	38	1
	クロマツ	550	12	1
岡 山 県	アカマツ	1,096	150	20
	クロマツ	104	0	0
広 島 県	アカマツ	278	29	1
	クロマツ	238	4	0
山 口 県	アカマツ	500	4	0
	クロマツ	200	0	0
小 計	アカマツ	2,942	230	22
	クロマツ	1,275	19	1
育 種 場	アカマツ	2,528	144(6)	10
	クロマツ	574	6(0)	0
小 計	アカマツ	2,528	144(6)	10
	クロマツ	574	6(0)	0
計	アカマツ	5,470	374(6)	32
	クロマツ	1,849	25(0)	1

注、() は精英樹

Table 6. 材線虫抵抗性候補木の合格クローンの検定結果

区 分	一 次 検 定				二 次 検 定			
	検定クローン		テーダマツ		検定クローン		テーダマツ	
クローン名	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)			
赤坂アー 8 8	40.0	10.0	(80.0)	(0.0)	24.1	0.0	(19.6)	(0.0)
赤坂アー 1 6 3	10.0	10.0			24.0	0.0		
赤坂アー 1 7 9	71.4	10.0			30.0	0.0		
備前アー 2 1	20.0	10.0			31.6	0.0		
備前アー 4 0	30.0	10.0			20.0	0.0		
宮島アー 5 4	10.0	10.0	(20.0)	(10.0)	22.2	0.0		
真備アー 7 0	25.0	25.0	(36.1)	(4.8)	25.0	0.0		
					(58 年 度)			
総社アー 3 9	14.3	14.3			15.0	10.0	(41.0)	(1.0)
笠岡アー 1 2 4	12.5	12.5			42.9	0.0	(37.0)	(1.0)
笠岡アー 1 7 8	12.5	12.5			37.5	12.5		
鴨方アー 2 9	14.3	14.3			50.0	0.0		
金光アー 1 3	9.1	9.1			44.4	11.1		
金光アー 2 5	11.1	11.1			54.5	0.0		
	(56 年 度)				(59 年 度)			
田辺アー 5 2	28.6	28.6	(31.3)	(0.0)	30.0	18.8	(56.0)	(4.0)
熊山アー 2 5	8.3	8.3	(33.3)	(0.0)	66.7	0.0		
熊山アー 3 9	14.3	14.3			50.0	7.1		
真備アー 5 8	40.0	20.0	(40.0)	(0.0)	73.3	0.0		
	(57 年 度)				(60 年 度)			
熊山アー 1 1 9	54.5	36.4	(57.5)	(7.5)	6.3	6.3	(66.0)	(4.0)
岡山アー 8 2	90.0	10.0			17.6	5.9		
岡山アー 8 8	75.0	25.0			16.7	16.7		
姫路アー 2 3 2	20.0	0.0	(19.6)	(0.0)	7.7	4.0	(56.0)	(4.0)
山陽アー 6	40.0	10.0	(57.5)	7.5)	46.0	0.0	(24.0)	(0.0)
赤坂アー 2 1 6	60.0	0.0			43.0	0.0		
備前アー 6 6	30.0	10.0			50.0	21.0		
備前アー 1 3 7	83.3	83.3	(57.5)	(7.5)	60.0	0.0	(24.0)	(0.0)
備前アー 1 4 0	20.0	20.0			30.0	0.0		
備前アー 1 4 3	10.0	10.0			29.0	13.0		
備前アー 1 5 0	30.0	10.0			60.0	0.0		
岡山アー 8 5	70.0	0.0			40.0	0.0		
岡山アー 1 3 2	10.0	10.0			27.0	0.0		
日生アー 3 5	60.0	0.0			30.0	10.0		
吉備アー 7 7	28.6	0.0	(28.6)	(0.0)	36.0	0.0		
	(56 年 度)				(59 年 度)			
田辺クー 5 4	33.3	16.7	(31.3)	(0.0)	66.7	0.0	(92.0)	(4.0)

3 検定結果のまとめ

Table 5 に機関別の、Table 6 には樹種別、県別の材線虫抵抗性候補木の選抜本数及び一次、二次検定の合格本数を示す。この表から一次検定合格数、二次検定合格数の出現率はいずれも地域によりかなりの相違がみられた。また同じ地域でも年度によりかなりの相違がみられており (Table 4)、材線虫抵抗性個体の出現率は地域、林分によって異なる傾向がうかがわれる。なお Fig. 4 に材線虫抵抗性個体の所在地を示す。

従前よりアカマツとクロマツの材線虫の抵抗性を比較した場合、クロマツはアカマツに比べて一般に抵抗性が弱いという報告があるが¹⁵⁾¹⁶⁾、本事業も同様の結果となった。すなわち一次検定合格率はクロマツはアカマツの1/5であり、二次検定合格率は実にアカマツの1/12で、クロマツの抵抗性の選定が如何に困難であるかをものがたっている。

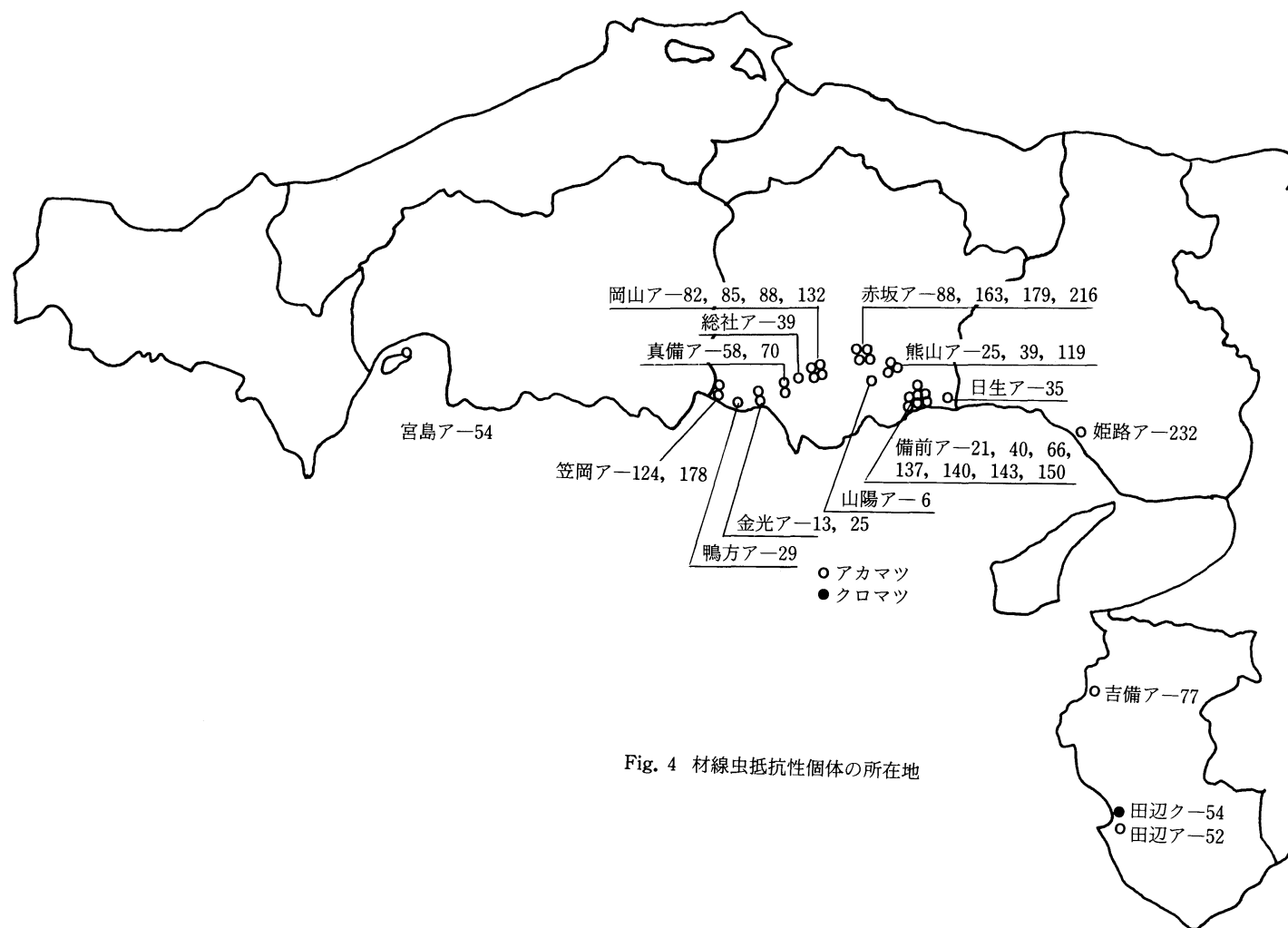


Fig. 4 材線虫抵抗性個体の所在地

Table 7. 樹種別、県別の材線虫抵抗性候補木の選抜本数と
一次検定合格本数、二次検定合格本数

樹 種	県 名	選抜本数	一次検定合格本数	二次検定合格本数
アカマツ	兵 庫	1,467	29(1.98)	1(0.07)
	和 歌 山	867	42(4.84)	1(0.12)
	岡 山	2,358	270(11.45)	29(1.23)
	広 島	278	29(10.43)	1(0.36)
	山 口	500	4(0.80)	0(0)
	計	5,470	374(6.84)	32(0.59)
クロマツ	兵 庫	385	3(0.78)	0(0)
	和 歌 山	572	12(2.10)	1(0.17)
	岡 山	454	6(1.32)	0(0)
	広 島	238	4(1.68)	0(0)
	山 口	200	0(0)	0(0)
	計	1,849	25(1.35)	1(0.05)

注 () は選抜本数に対する百分率

次に激害林分からの選抜が有効な手法であったか否かについて検討してみた。厳密には一般の苗木の検討結果との比較で明らかにすべきであるが、ここでは精英樹系統の検定結果と比較してみることにした。精英樹の検定合格率はアカマツで一次検定が2.47%、二次検定で0%、クロマツでは一次検定で既に0%で、抵抗性候補木にくらべてはるかに低い結果となった。精英樹が一般苗と同様に材線虫の被害による自然淘汰に対して中立と考えるか否かによって選抜の効率性について若干の相違はあるものの、精英樹が選出された昭和30年代の前半には、松くい虫の被害は全般的に広がっていたことを考えれば、精英樹は生長が良好であることは勿論であるが、病虫害に全くかかっていない個体を選抜しており、これらの条件を加味した場合一般の個体に比べて抵抗性が高いと判断され、一般のアカマツ、クロマツの自然集団からの抵抗性個体の出現率は更に低いと考えられ、この意味からの激害林分からの選抜は極めて効果的であったといえる。

また二次検定合格数はアカマツが32本でそのうち29本が岡山県、クロマツは和歌山県で1本と地域により極端に片寄った結果となったことについて、アカマツ、クロマツでテダマツ程度以上の抵抗性をもつ個体の出現率は、大庭が九州林木育種場で事業に先立って行なった試験¹⁷⁾では、約8万分の1の確率で存在すると推定しており、いかに多くの抵抗性候補木を選抜するかが事業の成功の鍵といえるべきものであった。実際に選抜数が最も多く、また一次検定の合格数の最も多かった県はアカマツでは岡山県、クロマツでは和歌山県であり、両県とも激害林分が非常に多く存在していたことによるものと考えられる。

他の作物の抵抗性個体の出現率あるいは当事業の着手前における材線虫抵抗性育種パイロットテストから、本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。一般に耐病性等の強い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と推定されている。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。

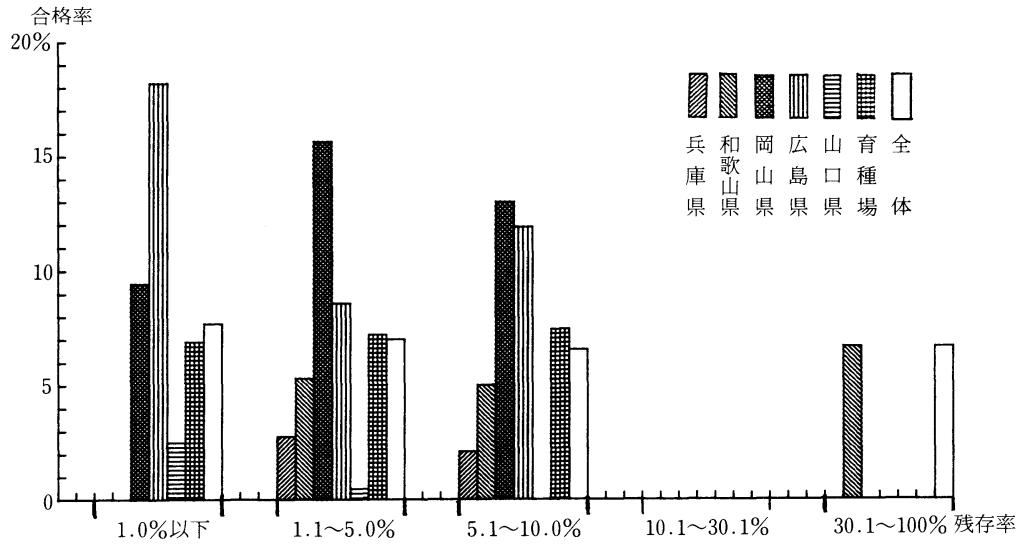


Fig. 5 アカマツ一次検定合格木の合格率と選抜地の残存率の関係

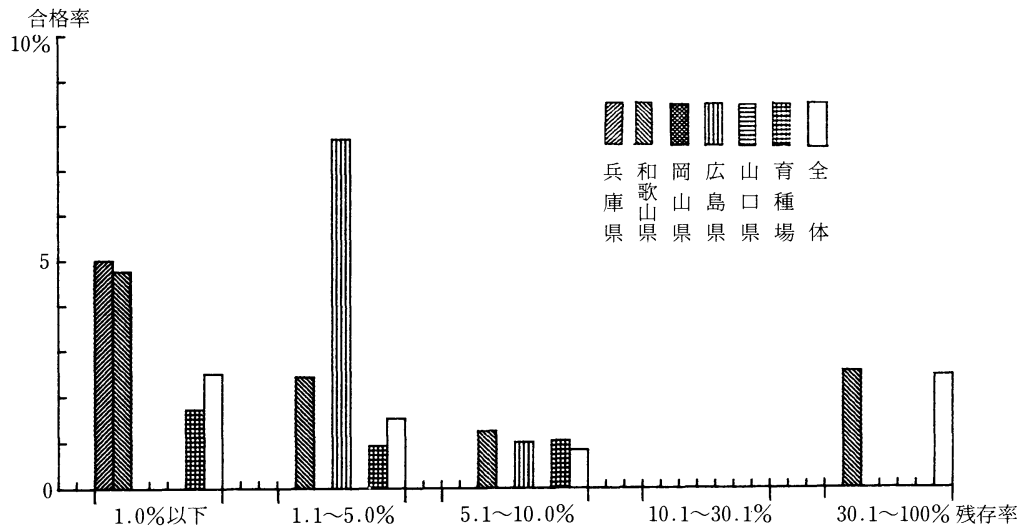


Fig. 5 アカマツ二次検定合格木の合格率と選抜地の残存率の関係

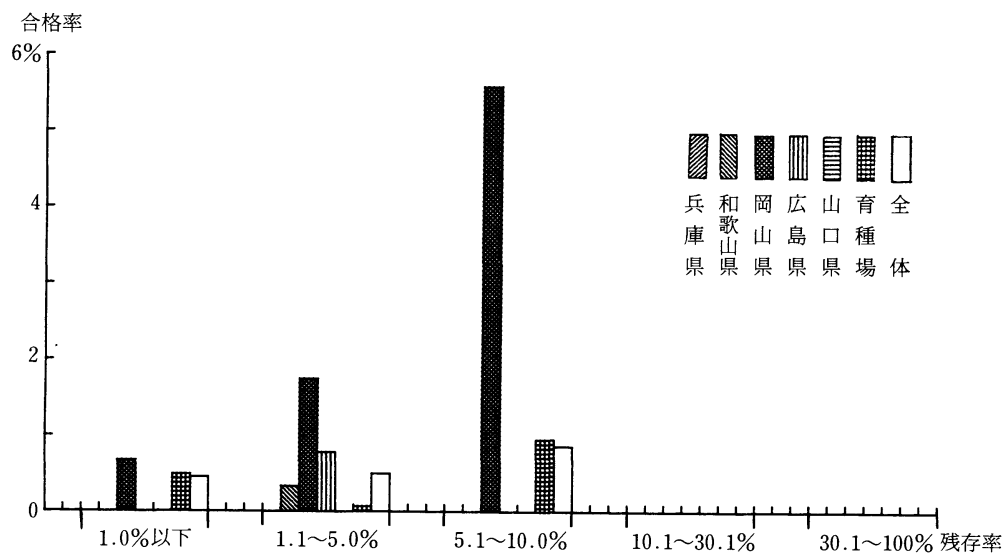


Fig. 5 クロマトン一次検定合格木の合格率と選抜地の残存率の関係

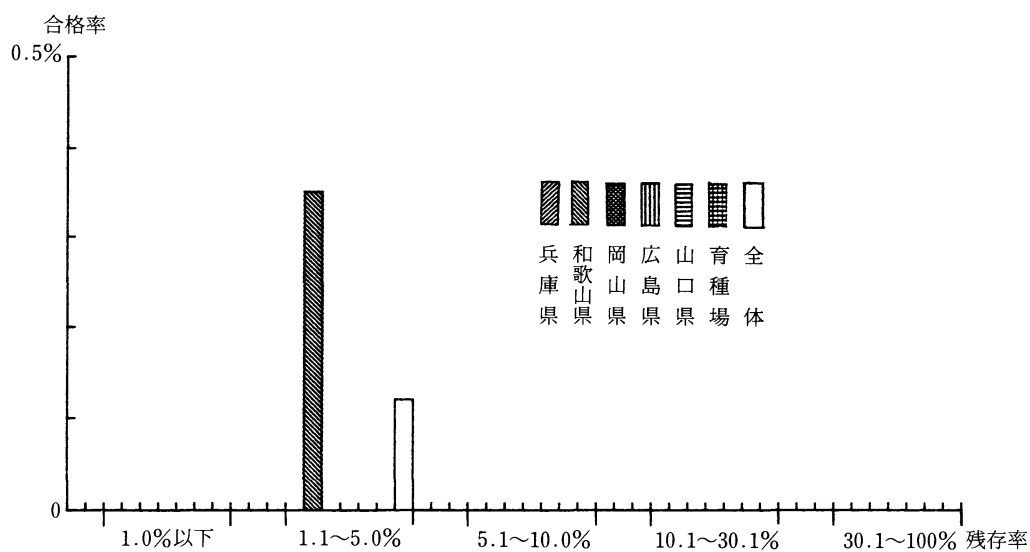


Fig. 5 クロマトン二次検定合格木の合格率と選抜地の残存率の関係

Table 8. 材線虫抵抗性候補木の選抜地の残存率別一次および二次検定合格木本数

県 別	樹 種	区 分	1.0%以下		1.1~5.0%		5.1~10%		小 計		11~30%		31~100%		合 計		備 考
			選抜数	合格数	選抜数	合格数	選抜数	合格数	選抜数	合格数	選抜数	合格数	選抜数	合格数	選抜数	合格数	
兵 庫 県	アカマツ	激 害 地(海岸型)															
		特異集団(内陸型)															
		計	9	0	253	7 (0)	95	2(0)	357	9 (0)					357	9 (0)	
	クロマツ	激 害 地(海岸型)															
		特異集団(内陸型)															
		計	60	3(0)	60	0	49	0	169	3 (0)	11	0	3	0	183	3 (0)	
	計	激 害 地(海岸型)															
		特異集団(内陸型)															
		計	69	3(0)	313	7 (0)	144	2(0)	526	12 (0)	11	0	3	0	540	12 (0)	
和歌山県	アカマツ	激 害 地(海岸型)															
		特異集団(内陸型)															
		計			302	16 (1)	317	16(0)	619	32 (1)	2	0	90	6(0)	711	38 (1)	
	クロマツ	激 害 地(海岸型)															
		特異集団(内陸型)															
		計	21	1(0)	289	7 (1)	161	2(0)	471	10 (1)			79	2(0)	550	12 (1)	
	計	激 害 地(海岸型)															
		特異集団(内陸型)															
		計	21	1(0)	591	23 (2)	478	18(0)	1,090	42 (2)	2	0	169	8(0)	1,261	50 (2)	
岡 山 県	アカマツ	激 害 地(海岸型)															
		特異集団(内陸型)															
		計	297	28(2)	691	108(12)	108	14(6)	1,096	150(20)					1,096	150(20)	
	クロマツ	激 害 地(海岸型)															
		特異集団(内陸型)															
		計	2	0	94	0	8	0	104	0					104	0 (0)	
	計	激 害 地(海岸型)															
		特異集団(内陸型)															
		計	299	28(2)	785	108(12)	116	14(6)	1,200	150(20)					1,200	150(20)	
広 島 県	アカマツ	激 害 地(海岸型)															
		特異集団(内陸型)															
		計	33	6(0)	128	11 (1)	101	12(0)	262	29 (1)	16	0			278	29 (1)	
	クロマツ	激 害 地(海岸型)															
		特異集団(内陸型)															
		計			39	3 (0)	100	1(0)	139	4 (0)	99	0			238	4 (0)	
	計	激 害 地(海岸型)															
		特異集団(内陸型)															
		計	33	6	167	14 (1)	201	13	401	33 (1)	115	0			516	33 (1)	

県 別	樹 種	区 分	1.0%以下		1.1～5.0%		5.1～10%		小 計		11～30%		31～100%		合 計		備 考
			選抜数	合格数	選抜数	合格数	選抜数	合格数	選抜数	合格数	選抜数	合格数	選抜数	合格数	選抜数	合格数	
山 口 県	アカマツ	激 害 地(海岸型)															
		特異集団(内陸型)															
		計	120	3(0)	213	1 (0)	167	0	500	4 (0)					500	4 (0)	
	クロマツ	激 害 地(海岸型)															
		特異集団(内陸型)															
		計	60	0	52	0	88	0	200	0					200	0 (0)	
	計	激 害 地(海岸型)															
		特異集団(内陸型)															
		計	180	3(0)	265	1 (0)	255	0	700	4					700	4 (0)	
県 計	アカマツ	激 害 地(海岸型)															
		特異集団(内陸型)															
		計	459	37(2)	1,587	143(14)	788	44 (6)	2,834	224(22)	18	0	90	6(0)	2,942	230(22)	
	クロマツ	激 害 地(海岸型)															
		特異集団(内陸型)															
		計	143	4(0)	534	10 (1)	406	3 (0)	1,083	17 (1)	110	0	82	2(0)	1,275	19 (1)	
	計	激 害 地(海岸型)															
		特異集団(内陸型)															
		計	602	41(2)	2,121	153(15)	1,194	47 (6)	3,917	241(23)	128	0	172	8(0)	4,217	249(23)	
関西林木 育 種 場	アカマツ		203	14(1)	1,408	67 (1)	846	63 (8)	2,457	144(10)	71	0			2,528	144(10)	
														<6(0)>		<6(0)>	
	クロマツ		58	1(0)	322	3 (0)	194	2 (0)	574	6 (0)					574	6 (0)	
			261	15(1)	1,730	70 (1)	1,040	65 (8)	3,031	150(10)	71	0			3,102	150(10)	
		計												<6(0)>		<6(0)>	
関 西 計	アカマツ		662	51(3)	2,995	210(15)	1,634	107(14)	5,291	368(32)	89	0	90	6(0)	5,470	374(32)	
														<6(0)>		<6(0)>	
	クロマツ		201	5(0)	856	13 (1)	600	5 (0)	1,657	23 (1)	110	0	82	2(0)	1,849	25 (1)	
			863	56(3)	3,851	223(16)	2,234	112(14)	6,948	391(33)	199	0	172	8(0)	7,319	399(33)	
		計												<6(0)>		<6(0)>	

合格数欄の裸字は一次合格数, () は二次合格数, < > は精英樹

そこで選抜地の残存率と抵抗性個体の出現率を検討した。Table 8 に選抜地の残存率別一次及び二次検定合格本数を、Fig 5 にアカマツ、クロマツの機関別、残存率別の一次及び二次検定合格率を示した。アカマツの一次検定について、150本の最も多い合格数を出した岡山県についてみると、1.1～5.0%の合格率が最も高く、次いで5.1～10%以上の順となっている。また144本の合格数を出した関西林木育種場についてはどの残存率でも合格率は殆んど差はなく、しかも120本は岡山県で選抜されたものであり、選抜地の残存率が10%以下の範囲では残存率と合格率の間には明白な関係はみられなかった。そのほかの県についても同様であった。更に二次検定の合格率については、32本中岡山県20本、関西林木育種場10本（内9本は岡山県）と合格数を多く出した両機関いずれも5.1～10%の残存率が最も高い結果となっている。

クロマツの一次検定については、全体の平均では残存率1%の合格率がやや高く、次いで1.1～5.0%、5.1～10%の順になっているが、各機関ごとでは順位はまちまちであり、また二次検定の合格本はわずか1本であり残存率の関係は全く把握することはできなかった。

一次検定においては検定条件の差を除くために、検定方法、材線虫系統、比較対照樹種であるテーガマツ苗の家系などを統一して実施した。関西林木育種場で実施した二次検定においても、一次検定と同様に抵抗性個体の出現に地域間差がみられ、材線虫抵抗性個体の出現率では選抜林分の残存率の差よりも選抜林分間による差の方が大きい結果となった。

各機関で選抜した候補木について、一次検定と二次検定の生存率について相関関係の有無の検討を行ったが、この関係は全く認められなかった。関西林木育種場で選抜した個体について、母樹別の自然受粉苗の検定を行った個体及び全機関の二次検定合格木についての一次及び二次検定の生存率をTable 6、Table 9 に示しているが、これらの表からも一次及び二次検定両者の相関は認められない。

関西林木育種場で既に予備試験で実施したアカマツ、クロマツのつぎ木クローンの人工接種試験でも、接種場所、鉢植えか露地植かなど試験方法の違いにより、生存率に大きな変動があることが明らかにされ、その原因として、材線虫の抵抗性は人為的取扱いや、気温などの環境要因の影響を大きく受けることを示唆したが、若干の個体はこうした環境要因の違いにもかかわらず、安定した生存率を示すことも認められている⁷⁾。すなわち、つぎ木によるクローン検定、鉢植えなどの人為的条件、気温などの年時による違いが材線虫抵抗性に影響を及ぼし、その変動が現われたものと考えられるが、二次検定により、こうした外的条件にあまり左右されない安定した抵抗性個体が選定されたものと考えられる。本事業の結果と関連して、一般に病虫害抵抗性と環境（人為的要因も含む）との交互作用は当然林木においても発現されるものと推察されるが、本試験は事業的規模で行なわれたため、詳細な解明は困難であり、今後の重要な課題といえる。

選抜林分の生存個体残存率の低い箇所から選抜された個体ほど、より強い自然淘汰のなかから生き残ったもので、一次及び二次検定の合格率が高くなることが予測されるが、本事業ではこうした結果にはならなかった。関西地区の材線虫の被害林分は、全て天然林で、地形が複雑で起伏が多く、残存木がこうした地形的な影響を受けているものと考えられるが、二次検定合格木を最も多く選定した岡山県の例をみると、備前市、赤磐郡、岡山市西部に合格木が集中しており、材線虫抵抗性に地域集団、林分集団の差があることもうかがわれ（Table 10）、今後更に研究を進め明らかにする必要がある。

以上の結果、近畿・瀬戸内海地区の材線虫の抵抗性個体の出現率は、地域により差のあることが考えられるが、選抜地域全体について検討してみると、出現率はアカマツ $\frac{32}{5,470} \approx \frac{1}{170}$ 、クロマツ $\frac{1}{1,849} \approx \frac{1}{1,850}$ となり、選抜地域の残存率を1.0～10.0%とすると、アカマツ $\frac{1}{1,700} \sim \frac{1}{17,000}$ 、クロマツは $\frac{1}{18,500} \sim \frac{1}{185,000}$ の割合で材線虫抵抗性個体が存在することとなり、アカマツについては当初の推定よりはるかに高い出現率となり、

Table 9. 一次検定合格木の一次及び二次検定及び自然受粉苗の接種検定の生存率

実施年	候補木及び対象	つぎ木接種検定(生存率)		自然受粉苗 (生存率)	備 考
		1 次	2 次		
昭和59年	鴨 方 ア -29	14.3	50.0	100.0	○
	真 備 ア -14 *	100.0	0	93.3	
	笠 岡 ア -204 *	16.7	20.6	91.7	
	真 備 ア -15 *	30.0	16.1	90.1	○
	真 備 ア -70	25.0	25.0	86.4	
	総 社 ア -22 *	16.7	10.0	85.3	
	真 備 ア - 2 *	38.5	0	80.4	○
	笠 岡 ア -185 *	57.1	0	80.2	
	総 社 ア -15 *	20.0	0	78.4	
	真 備 ア -22 *	28.6	3.7	77.5	
	笠 岡 ア -199 *	57.1	18.8	76.1	
	真 備 ア -21 *	42.9	17.4	71.2	
	笠 岡 ア -178 *	12.5	37.5	66.9	
	真 側 ア -66	9.1	7.1	63.5	
	総 社 ア -17	36.4	0	60.7	
	平 均			80.1	
	テ ー ダ マ ツ			64.2	
昭和60年	倉 敷 ア -191	66.7	5.4	79.0	○
	笠 岡 ア -204	16.7	20.6	78.6	
	笠 岡 ア -205	80.5	83.3	77.0	
	倉 敷 ア -36	50.0	0	75.5	
	笠 岡 ア -199 *	57.1	18.8	25.0	
	笠 岡 ア -185 *	57.1	0	74.5	
	倉 敷 ア -127	50.0	0	74.3	
	真 備 ア -15 *	30.0	16.1	74.1	
	真 備 ア -14 *	100.0	0	73.3	
	笠 岡 ア -174	66.7	5.0	72.0	
	金 光 ア -24	100.0	0	69.9	
	笠 岡 ア -74	75.0	0	68.8	
	鴨 方 ア -39	50.0	0	67.4	
	金 光 ア -25	11.1	54.5	67.0	
	総 社 ア -22 *	16.7	10.0	66.3	
	笠 岡 ア -27	100.0	0	62.5	○
	笠 岡 ア -82	40.0	0	61.6	
	赤 穂 ア - 4	20.0	0	55.3	
	真 備 ア -22 *	28.6	3.7	52.6	
	矢 掛 ア - 3	6.3	0	51.9	
	総 社 ア -15 *	20.0	0	50.0	
	倉 敷 ア -302	10.0	13.6	50.0	
	倉 敷 ア -143	50.0	8.0	48.7	
	真 備 ア -21 *	42.9	17.4	48.5	
	笠 岡 ア -203	44.4	3.6	48.5	
	上 郡 ア -25	11.1	20.8	48.4	
	倉 敷 ア -216	14.3	0	48.0	
	笠 岡 ア -173 *	12.5	37.5	44.1	
	赤 穂 ア -19	10.0	4.8	41.6	
	笠 岡 ア -91	50.0	0	37.0	
	金 光 ア -18	7.1	7.1	29.4	
	真 備 ア -58	40.0	73.3	28.7	
	総 社 ア -17 *	36.4	0	26.6	
	平 均			58.4	
	テ ー ダ マ ツ			28.8	
	倉 敷 ク -126	12.5	0	29.0	
	倉 敷 ク -37	12.5	0	28.0	
	倉 敷 ク -46	12.5	0	27.3	
	倉 敷 ク -112	66.7	0	25.5	
	平 均			27.5	
	テ ー ダ マ ツ			28.8	

注：候補木の * は59年、60年両年にわたって実生検定を行った個体

〃 アはアカマツ、クはクロマツ

備考欄○は二次検定合格木

Table 10. 選定された材線虫抵抗性団体一覧表（近畿・瀬戸内海地区）

樹種	個体名	所在地	林況および地況等						候補木の状況(特性)								
			海岸からの距離	海拔高	傾斜方位	土壌型	土性	人工天然別	樹齢	樹高	胸高直径	枝下高	生長	残存状況	枝枯れ	着花状況	後食痕
			km	m					年齢級	m	cm	m	良、並下	孤立、点群	有、無	多、中、少、無	多、中、少、無
アカマツ	姫路ア-232	姫路市蒲田、南山国有林	5.0	50 20~90	N-W-S	BA-E ₆₀ BD-Z _m	埴土	天	VII	6.0	10.0	1.0	並	点	有	少	中
	吉備ア-77	有田市吉備町、徳田	7.1	80 50~120	E・N	Y	埴壤土	〃	XII	11.0	21.0	7.0	〃	群	〃	〃	多
	田辺ア-52	田辺市下三栖、夏白	2.5	80	W	BD(d)	壤土	〃	VII	2.5	5.2	1.1	下	点	無	無	〃
	日生ア-35	和気郡日生町寒河	1.5	80	E	Im-BD	砂壤土	〃	IX	14.0	32.0	5.6	並	〃	〃	中	〃
	備前ア-21	備前市寺山	0.2	30	SE	Er-α	埴壤土	〃	XIX	14.0	43.5	7.4	良	孤立	有	多	無
	備前ア-40	備前市西片上	0.7	60	S	〃	〃	〃	〃	13.0	39.0	5.5	〃	群	〃	中	中
	備前ア-66	備前市佐山	3.5	70	SE	〃	砂壤土	〃	X	16.5	32.0	7.4	〃	点	〃	多	多
	備前ア-137	備前市鶴海	0.1	10~40	NWN	Im-α	〃	〃	XVI	14.0	32.0	7.4	並	〃	〃	中	中
	備前市ア-140	備前市鶴海	0.1	10~40	〃	〃	〃	〃	〃	15.0	30.0	9.2	〃	〃	〃	〃	〃
	備前市ア-143	備前市伊部	1.0	20~40	NE-E	Imβ	砂土	〃	X以上	18.0	24.0	10.5	良	〃	無	少	少
	備前市ア-150	備前市伊部	1.0	20~40	〃	〃	〃	〃	〃	15.5	22.0	10.0	並	〃	〃	〃	〃
	熊山ア-25	赤磐郡熊山町可真下	13.0	40~60	SE	BB	砂壤土	〃	IX	13.0	22.0	7.5	〃	〃	有	〃	〃
	熊山ア-39	赤磐郡熊山町可真下	13.0	40~60	〃	〃	〃	〃	〃	18.0	32.0	9.1	良	〃	無	〃	〃
	熊山ア-119	赤磐郡熊山町可真下	13.0	40~70	E	BD(d) BB	壤土	〃	X	10.0	18.0	5.8	下	〃	有	多	多
	山陽ア-6	赤磐郡山陽町神田	16.0	50	NW	BB(d)	砂壤土	〃	XII	9.0	15.0	6.0	並	群	〃	無	少
	赤坂ア-88	赤磐郡赤坂町、西軽部	17.0	50	SE	Er-α	〃	〃	VI	12.0	22.5	4.0	下	点	〃	〃	〃
	赤坂ア-163	赤磐郡赤坂町、田津里	19.0	70	W	〃	〃	〃	VIII	9.0	23.0	2.5	〃	群	〃	中	〃
	赤坂ア-179	赤磐郡赤坂町、山口	18.5	70	SW	〃	〃	〃	XV	13.5	19.5	2.7	並	〃	〃	少	〃
	赤坂ア-216	赤磐郡赤坂町、西軽部	18.0	70~120	NE	Im-α	〃	〃	IX	12.5	16.0	6.3	〃	点	〃	〃	〃
	岡山ア-82	岡山市高松町稲荷	16.0	80~120	NW	Er-α	砂土	〃	X	13.0	25.0	9.3	〃	〃	〃	〃	多
	岡山ア-85	岡山市高松町稲荷	16.0	80~120	〃	〃	〃	〃	〃	14.0	26.0	10.3	〃	〃	〃	〃	中
	岡山ア-88	岡山市高松町稲荷	16.0	80~120	〃	〃	〃	〃	〃	14.0	20.0	12.0	〃	〃	〃	〃	多
	岡山ア-132	岡山市高松町一宮	14.0	40	E	BD(d)-Er _a	〃	〃	XII	9.9	17.0	3.7	下	〃	〃	多	〃
	総社ア-39	総社市下林法蓮	18.0	40~60	E	BB	砂壤土	〃	XII	15.0	22.0	11.0	並	点	有	少	多
	真備ア-58	吉備郡夏備町下二万	10.0	50	NW	BD	壤土	〃	VII	19.0	16.0	15.0	良	〃	無	〃	〃
	真備ア-70	吉備郡夏備町上二万	7.5	30~60	W	BB	〃	〃	X	13.0	24.0	7.0	並	〃	有	中	少
	金光ア-13	浅口郡金光町上竹	5.0	40	SE	BA	砂壤土	〃	IV	18.0	14.0	16.0	〃	〃	〃	少	少
	金光ア-25	浅口郡金光町須江	3.0	40	E	BB	〃	〃	V	10.0	13.0	5.0	下	〃	〃	中	多
	鴨方ア-29	浅口鴨方町、六条院中	4.0	20~30	SW	Er	〃	〃	〃	9.0	23.5	4.0	並	〃	〃	少	〃
	笠岡ア-124	笠岡市西大島唐井	1.5	30~50	S	BB	〃	〃	III~V	10.0	17.0	7.0	〃	〃	無	〃	〃
	笠岡ア-178	笠岡市広浜	3.5	50~80	NW	Er	〃	〃	IV~V	10.0	18.0	6.0	〃	〃	〃	〃	〃
	宮島ア-54	佐伯郡宮島町	0.3~0.4	90	〃	BA	〃	〃	X~XV	26.0	42.0	18.5	良	〃	〃	無	無
クロマツ	田辺ク-54	田辺市芳養町西松原	0.8	80	NE	BD(d)	壤土	天	VI	7.1	13.2	2.2	並	群	無	多	少

クロマツについては若干低い出現率となった。

「マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業」が開始され、予備選抜から抵抗性個体の選定までの結果から、アカマツとクロマツの抵抗性の出現率には著しい差があり、アカマツの選定は比較的容易で、事業開始前の推定値よりも高い比率で出現し、一方クロマツは選定が極めて困難であることが明らかとなった。また次に材線虫抵抗性個体の出現率は、選抜地の残存率が10%以内の林分では明確な差は示されず、むしろ地域間、林分間に差のある傾向が認められた。

材線虫の被害は、本事業開始当初は、九州、四国、瀬戸内海、南紀の海岸地方に激害林分が多かったが、現在は当地方の内陸部まで被害を広げ、更に山陰、北陸、関東、東北地方にまで被害は及んでいる。今後これからの地方で更に被害が広がった場合の材線虫抵抗性個体の選定は、アカマツについては十分期待ができるが、クロマツについては、効率上の問題もあり極めて困難なことが予想され、材線虫の被害と密接な関係のある地域ごとの気温、降水量など気象条件を考慮し、検定方法など緩和した方法をとる必要がある。

V 材線虫抵抗性種苗の生産と普及

合格した抵抗性個体はつぎ木増殖してアカマツ、クロマツそれぞれの材線虫抵抗性採種園を造成し、そこで得られた種子は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苗の供給は、昭和60年代の後半から70年代になる見通しである。その間、激害地の造林にはヒノキなどの代替樹種が進められてきたが、治山治水事業、海岸砂防林地帯、景勝地などではマツ造林の要請が極めて高く、材線虫抵抗性マツを緊急に造林する必要がある。そのため昭和58年から「マツノザイセンチュウ抵抗性松供給特別対策事業」が発足した。

その方法の1つは、抵抗性育種事業による一次検定合格木（原木）の自然受粉種子からの実生苗に材線虫の人工接種検定を行い、健全苗を山出しする（Table 11）。

Table 11. 材線虫抵抗性松供給特別対策事業による苗木生産

樹 種	年 度	機 関	苗 令	接種本数	山行数	山行率	家系数	健全率
アカマツ	59	西 育	3	4,162	3,292	79.1	15	
	60	西 育	3	3,099	1,789	57.7	33	
	60	和 歌 山	2	3,774	549	14.5	17	
	60	広 島	2	1,171	65	5.6	15	
	61	和 歌 山	2	3,907	82	2.1	15	
	61	広 島	2	2,210	868	39.3	15	
	62	和 歌 山	2	4,001	55	1.4	17	
	62	広 島	2	2,019	580	28.7	15	
クロマツ	60	西 育	3	415	114	27.5	4	
	60	和 歌 山	2	440	11	2.5	4	
	61	和 歌 山	2	1,515	46	3.0	3	
	62	和 歌 山	2	772	8	1.0	4	

他の1つは、クロマツ×タイワンアカマツ（*Pinus massoniana* LAMB）の交雑F₁苗を造林するというものである。前者について和歌山、広島が2県、後者は三重、兵庫、和歌山、鳥取、岡山、山口の6県が実施することとなった。

一次検定合格木は既に述べたように、生存率10%以下の激害林分の健全木で、1回目の検定に合格し、しかもその後の種子採取時まで枯死することなく生存していた個体である。従ってその自然受粉種子は、花粉

親の抵抗性の強弱に左右されるものの、一般の苗木よりは材線虫抵抗性があることが推察される。関西林木育種場ではこの特別対策事業に先立って、独自に昭和59年と60年の2箇年にわたり当場で選抜した一次検定合格木からの自然受粉による苗木の検定を行い、各家系ごとの生存率を調べ、選抜効果について検討を行った。

1 一次検定合格木の自然受粉苗の材線虫抵抗性

関西林木育種場で選抜した一次検定合格木について昭和56年及び57年9月に母樹別に球果を採取した。球果のなりぐあいにより、すべての合格木から採種することはできなかったが、採種母樹は岡山県の倉敷以西及び兵庫県の揖保川以西に分布した合格木で、56年はアカマツ15母樹、57年はアカマツ34母樹、クロマツ4母樹である。そのうちアカマツの11母樹は両年にわたって球果を採取した。得られた種子による苗木は、検定後、健全苗木（微害を含む）はすべて造林用として山出しする計画であったので、接種は苗畑で1回床替、3年生の時点で行った。なお人工接種法及び被害調査時期は、本抵抗性育種事業と同一方法で実施した。母樹ごとの接種苗木数は、母樹により球果の採取量が異なり、種子の稔性もかなりの差があったので、まちまちとなった。被害は生存（健全及び微害）、枯死（生育の見込のない被害を含む）に分けて調べた。Fig. 6及びFig. 7に昭和59年及び60年に接種した家系別の生存率を示す。59年はアカマツ15家系について全体で4,162本の接種を行い3,292本が生存した。（生存率79.1%）。生存率最大の家系は100%，最小は60.7%であった。60年はアカマツ34家系について全体で3,099本の接種を行い、1,789本が生存した。（生存率57.7%）。生存率最大の家系は79.0%，最小は26.6%であった。クロマツ4家系については全体で415本の検定を行い114本が生存した（生存率27.5%）。なお60年には一般の事業用アカマツ、クロマツ苗木についても検定を行ったが生存率はアカマツ20%，クロマツ15.5%で、一次検定合格木のいずれのアカマツ、クロマツの家系よりも低い値となった。

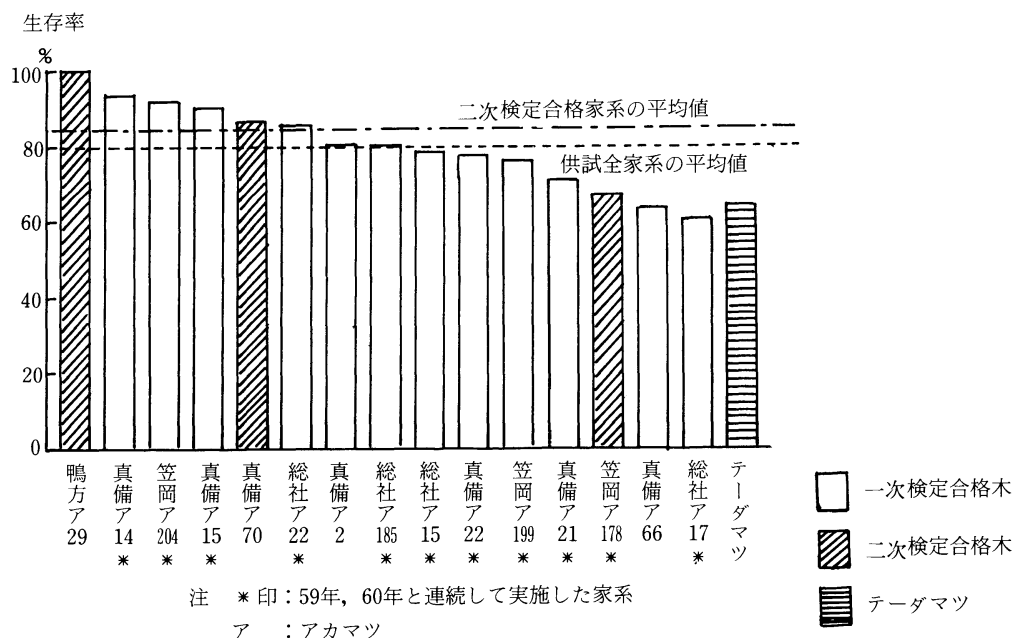


Fig. 6 一次検定合格木の自然受粉家系の接種検定における生存率（昭和59年7月実施）



60年度に実施した一次検定合格木の家系苗の検定でアカマツの生存率は57.7%, クロマツの生存率は27.5%であった。同時に行った一般のマツ苗の検定ではアカマツは20.0%, クロマツは15.5%でいずれも平均して一次検定合格木の生存率は高い値を示した。そしてどの抵抗性家系も一般の苗木の生存率を下廻ることはなかった。またFig. 6及びFig. 7に59年と60年の両年に検定を行った個体名には*印を付しているが、両年の生存率の間に高い相関 ($r = 0.854^{**}$) が認められた。

更にこれらの家系苗の生存率と原木のつぎ木クローンによる一次検定の際の生存率との関係を調べた。Table 9 に家系の検定を行った一次検定合格木の一次検定及び二次検定の結果を示す。59年に接種検定を行った家系の生存率とつぎ木クローンによる一次検定の生存率の相関は $R = 0.3183$, 60年のそれは $R = 0.4751$ でいずれも 5 %水準で正の相関が認められた。

以上の結果を総合すると材線虫の抵抗性は、2年連続して検定を行った家系の生存率がパラレルな関係にあったこと、またつぎ木クローンとその家系の間に弱いが正の関係があったことから遺伝的性質が強く、またアカマツ、クロマツとも選抜効果が期待でき、とくにアカマツはその効果が高いと考えられた。なお原木のつぎ木クローンの二次検定は生存率0のクローンがかなり多く現れたため家系との相関は求めなかった。

選抜されたクローンを母材として一般造林に供する材線虫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り、昭和60年度からその採種園の造成事業が開始された。採種園造成に当っては、自家受粉を防ぎ、材線虫抵抗性遺伝子の集積のみならず、成林の安全性を図るため、その他の諸形質についても遺伝変異の幅を広くすることも必要で、クローン数はできるだけ多いことが望ましい。

Table 12に近畿瀬戸内海地区の材線虫抵抗性採種園の造成済み並びに今後の計画を示したが、アカマツに

つについては採種園当り25クローン以上を植栽することとしている。当地区でアカマツの抵抗性個体は32個体であるが、大多数が岡山県に集中しており、和歌山県は南四国、南九州、山口県は北九州の気象条件と類似性があることなどを考慮し、九州、四国で選定されたクローンの導入を図ることとしており、九州林木育種場、関西林木育種場四国支場と密接な連絡をとりながら、材線虫抵抗性採種園造成用クローンの導入、配布の調整を行っている。一方クロマツは同地区で1本しか合格木がなく、九州、四国と合せても16本で、当分は現在保有の16クローンで材線虫抵抗性採種園を造成せざるを得ない状況であり、和歌山県で選定された1クローン以外の15クローンすべてを九州、四国より導入して造成に当ることとしている。

Table12. 近畿，瀬戸内海における材線虫抵抗性採種園造成一覧表（計画含む）

年度 樹種 府県	60		61		62		63(計)		64(計)	
	アカマツ	クロマツ	アカマツ	クロマツ	アカマツ	クロマツ	アカマツ	クロマツ	アカマツ	クロマツ
三 重				0.50						
滋 賀	0.50		0.50		0.30					
京 都									0.40	
兵 庫			0.50							
奈 良								0.10		
和歌山	0.50			0.50						
岡 山	0.50		0.50			0.50				
広 島					0.50	0.50				
山 口			0.50	0.50						
計	1.50		2.00	1.50	0.80	1.00		0.10	0.40	

注（計）は計画

この採種園で生産された実生苗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を発現する可能性がある。しかし前項で述べたように一次検定合格木の実生苗は一般事業用苗木に比べてかなり高い抵抗性を示し、これは遺伝的性質の強いことが認められており、更にこの採種園は二次検定合格木で造成されるので、この合格木同士の交配苗は一段と強い抵抗性をもつものと考えられ、これらの造林による林分の材線虫抵抗性には十分期待が持てると思われる。今後はこれらの家系苗による次代検定林により材線虫抵抗性以外の諸特性についても調査が進められやがて体質改善が図られることになる。

VI 総合とりまとめ

今世紀後半から我が国の主要樹種であるアカマツ、クロマツに大被害をもたらした通称松くい虫に対して昭和53年度より、「マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業」が開始された。本報告は近畿，瀬戸内海地区の兵庫，和歌山，岡山，広島，山口の各県及び関西林木育種場で実施された松くい虫被害林分の予備調査，抵抗性候補木の選抜，一次及び二次検定，抵抗性個体の選定と一連の事業を経て，現在の材線虫抵抗性採種園の造成に至るまでの調査データを取りまとめ，また育種場で実施した調査，研究も含めて，解析，検討したものであり，その概要は次のとおりである。

- 1 アカマツは5,470本，クロマツは1,849本の材線虫抵抗性候補木が選抜され，一次検定で，アカマツ374本，クロマツ25本が合格した。二次検定ではアカマツ32本，クロマツ1本が抵抗性個体として選定された。

- 2 材線虫抵抗性候補木の検定と平行して、アカマツ243個体、クロマツ101個体の精英樹についても検定を行い抵抗性を調べた。アカマツ精英樹は一次検定で6個体が合格したが、二次検定ですべて不合格となり、クロマツ精英樹は一次検定ですべて不合格となった。従って抵抗性個体は精英樹集団はもとより、一般のアカマツ、クロマツに比べて遺伝的に材線虫に対する抵抗性が強いことが推定された。
- 3 アカマツの材線虫抵抗性個体32本のうち29本は岡山県で選定され、クロマツの1本は和歌山県で選定され、選定地に大きな片寄りが生じた。また候補木の選抜は被害林分の残存率が10%以内の林分で行うことが原則となっており、この残存率の範囲内では残存率と一次検定及び二次検定の合格率の間には明確な関係は示されなかった。これらのことから材線虫抵抗性は、地域或は林分によって差のあることが推定された。
- 4 アカマツは当初予定以上の材線虫抵抗性個体が選定されたが、クロマツはアカマツに比して著しく抵抗性が弱く、その選定が極めて困難であった。
- 5 一次検定合格木の自然受粉種子による苗木の検定の結果、一般の苗木に比べて生存率が著しく高く、選定効果に十分期待がもてることが示された。

VII 関西林木育種場における研究業績

- 1 津田知明・小林慎一・伊田貞雄；マツクイムシ（マツノザイセンチュウ病）抵抗性個体の選抜と育成，関西林育年報（50年度），74～76，1975
- 2 津田知明・小林慎一・片山重俊・伊田貞雄；マツノザイセンチュウ抵抗性個体の選抜と育成，関西林育年報（51年度），91～97，1977
- 3 岡田 滋・津田知明・片山重俊・小林慎一・伊田貞雄；アカマツ，クロマツつぎ木クローンのマツノザイセンチュウ抵抗性検定について，29回日林関西支講，85～87，1978
- 4 峰尾一彦・津田知明・小林慎一・片山重俊・伊田貞雄；異なる温度条件におけるマツノザイセンチュウ接種試験，29回日林関西支講，137～139，1978
- 5 津田知明・小林慎一・尾島史郎・片山重俊・岡田 滋；マカマツ，クロマツ精英樹クローン・マツノザイセンチュウ接種試験，関西林育年報（53年度），27～31，1980
- 6 津田知明・小林慎一・尾島史郎・片山重俊・岡田 滋；マツノザイセンチュウ抵抗性個体の選抜と育成，関西林育年報（53年度），36～39，1980
- 7 津田知明・小林慎一・尾島史郎・片山重俊・岡田 滋；マツノザイセンチュウ採集地別接種試験，関西林育年報（53年度），40～45，1980
- 8 津田知明・小林慎一・岡田 滋・尾島史郎・片山重俊；アカマツ，クロマツ精英樹クローンのマツノザイセンチュウ接種試験，関西林育年報16，27～31，1981
- 9 津田知明・小林慎一・岡田 滋・尾島史郎・片山重俊；マツノザイセンチュウ採集地別接種試験，関西林育年報16，34～41，1981
- 10 佐々木研・河村嘉一郎・山田 勇・田島正啓・岡田 滋・古越隆信；マツノザイセンチュウ抵抗性育種(1)種間交雑によるマツノザイセンチュウ抵抗性育種，関西林育年報17，72～91，1982
- 11 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，日林関西支講34，179～183，1983
- 12 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)ーマツノザイセンチュウに対する抵抗性一, 94回日林論, 251~252, 1983
- 13 岡田 滋・津田知明; アカマツ, クロマツ (マツノザイセンチュウ抵抗性候補木) 及びクロマツ×タイワンアカマツ半兄弟家系のマツノザイセンチュウ抵抗性人工接種検定, 日林関西支講37, 46~48, 1986
- 14 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

VIII 引用文献

- 1) 小林一三; 松くい虫年報, 林試関西支場年報, 19, 80~82, 1978
 - 2) 徳重陽山・清原友也; マツ枯死木中に生息する線虫 *Bursaphelenchus. sp.*, 日林誌, 51, 193~195, 1969
 - 3) 森本 桂・岩崎 厚; マツノザイセンチュウ伝播者としてのマツノマダラカミキリの役割, 日林誌, 54, 177~183, 1972
 - 4) 大山浪雄・川述公引・斉藤 明; マツノザイセンチュウ加害者に対するアカマツ, クロマツ, テーダマツ, スラッシュマツの抵抗性, 日林九支研論27, 77~78, 1974
 - 5) 西澤正久; マツクイムシの総合防除のシステム化に関する研究, 科研報告書・総合研究 (A) 436021, 81~82, 1981
 - 6) *津田知明・小林慎一・片山重俊・伊田貞雄; マツクイムシ (マツノザイセンチュウ病) 抵抗性個体の選抜と育成, 関西林育年報 (51年度), 91~97, 1977
 - 7) *岡田 滋・津田知明・小林慎一・伊田貞雄; アカマツ, クロマツつぎ木クロンのマツノザイセンチュウ抵抗性検定, 29日林関西支講, 85~87, 1978
 - 8) *峰尾一彦・津田知明・小林慎一・片山重俊・伊田貞雄; 異なる温度条件におけるマツノザイセンチュウの接種試験, 29日林関西支講, 137~139, 1978
 - 9) *津田知明・小林慎一・尾島史郎・片山重俊・岡田 滋; アカマツ, クロマツ精英樹クロンのマツノザイセンチュウ接種試験, 関西林育年報 (53年度) 27~31, 1980
 - 10) 竹谷明彦・奥田素男・細田隆治, マツの激害型枯損木の発生環境一温度からの解析一, 日林誌, 57, 175~196, 1975
 - 11) 竹久敬司・萩原幸弘・小河誠司; 西日本におけるマツの立枯れと環境, 福岡県林試時報, 24, 45pp, 1975
 - 12) 河原輝彦・丸山明雄; 松くい虫被害跡地の造林造成技術, わかりやすい林業解説シリーズ88, 林業科学技術振興所, 3~11, 19~1988
 - 13) 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, 21pp, 1977
 - 14) 林野庁; マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業実施要領, 23pp, 1978
 - 15) 戸田忠雄・坂本和子・大庭喜八郎; 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, 日林九支研論32, 203~204, 1979
 - 16) 二井一禎・古野東洲; マツノザイセンチュウに対するマツ属の抵抗性, 京大演報51, 23~36, 1978
 - 17) 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99, 1~6, 1976
- 注 *印は関西林木育種場における発表業績である。

IX 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

機 関 名	担当者氏名	担 当 年 度	実 施 計 画	予 備 調 査	候補木の 選抜採穂	クローン 増 殖	検 定 調 査
関西林木育種場	木 崎 隆 弘	51～54	○				
	伊 田 貞 雄	51～57	○	○		○	
	後 藤 碩 毅	51～52	○	○			
	津 田 知 明	51～	○	○	○		○
	小 林 慎 一	51～58		○	○		○
	都 井 雅 哉	51～	○	○		○	
	赤 堀 陽 一	51～		○	○		○
	山 田 寿 雄	51～54		○		○	
	片 山 重 俊	51～59		○	○		○
	岡 田 滋	53～	○		○		○
	尾 島 史 郎	53～54			○		
	青 山 千 歳	53～				○	
	城 領 一 男	53～				○	
	小 林 玲 爾	53～55			○		
	綱 田 良 夫	53～54			○		
	河 村 嘉一郎	53～55			○		
	阪 本 功	54	○				
	藤 沢 秀 夫	55～57	○				
	山 田 勇	55			○		
	田 島 正 啓	58			○		
	村 田 史 郎	58				○	
	美 多 章	59～60				○	
	山 本 悦 大	61～				○	
兵 庫 県	神戸農林事務所	52		○			
	洲本 〃	52～55		○	○		
	社 〃	52～55		○	○		
	加古川 〃	52～55		○	○		
	姫路 〃	52～55		○	○		
	竜野 〃	52～55		○	○		
	上郡 〃	52		○			
	大 村 博 昭	53～57	○		○		
	田 中 敏 道	53～57	○		○		
	国 分 義 彦	53～57			○	○	○
	前 田 雅 量	53～57			○	○	○
	吉 野 豊	53～57			○	○	○
	梅 木 伸一郎	53～57			○	○	○

機 関 名	担当者氏名	担 当 年 度	実 施 計 画	予 備 調 査	候補木の 選抜採穂	クローン 増 殖	検 定 調 査
和 歌 山 県	長谷川 俊 一	53～55	○	○			
	梅 本 瑞 穂	53～56, 58～59	○	○	○		
	山 本 寿 彦	53～55		○	○		
	井 本 正 史	53		○	○		
	片 家 美喜夫	53～55		○	○		
	真 砂 治 平	53～55		○	○		
	岩 上 文 平	53～54, 56～57		○	○		
	武 田 英 一	53～54			○	○	
	柊 伊佐男	53～56			○		
	真 砂 修 次	53～60			○	○	
	山 本 隆 夫	54～56, 59		○	○		
	楠 臣 男	54～56, 58		○	○		
	田野上 祥 男	54～60			○	○	○
	木 下 鏡 士	55		○	○		
	高 地 精太郎	56～57	○	○			
	西 口 正 己	56～57		○	○		
	福 田 淳	56		○	○		
	中 村 健 平	56～59				○	○
	深 見 修 司	56～59		○	○		
	山 崎 豊 弘	57	○	○			
	小 野 行 男	57～58		○	○		
	井 上 弘	57		○	○		
	宮 石 寧 文	57		○	○		
	尾 崎 健二郎	57～59		○	○		
	大 江 康 之	58～59	○	○			
	坪 井 考 明	58～59	○	○			
	宇 治 孝	58		○	○		
	南 螢	58～59		○	○		
	上 田 恒 義	59		○	○		
	西 川 芳 一	59		○	○		
岡 山 県	永 田 忠 雄	50	○				
	松 本 行 雄	51, 53～54		○	○	○	
	丹 原 哲 夫	51, 53～54		○	○	○	○
	浪 速 昭 彦	53			○		
	原 田 公 造	54			○	○	
	小 林 一 貫	55～57			○	○	○
広 島 県	波 光 幸 一	52～53	○	○	○		

機 関 名	担当者氏名	担 当 年 度	実 施 計 画	予 備 調 査	候補木の 選抜採穂	クローン 増 殖	検 定 調 査
	佐々木 正 臣	52～53	○	○			
	田 辺 紘 毅	52～57	○	○	○		
	大 歳 寿	52		○			
	沖 田 日出男	52		○			
	有 馬 功	52～53		○	○		
	大 野 巖	53	○				
	伊 達 翼	53～55			○	○	○
	渡 辺 真	53～57			○	○	○
	入 口 誠	53			○		
	高 下 哲 治	53				○	
	広 沢 文 夫	54				○	
	鶴 内 秀 樹	55～57			○	○	○
	原 田 猪矩馬	56～57					○
山 口 県	丸 本 順 次	53～54	○	○			
	小 野 正 治	53～57	○	○	○	○	
	岡 田 勉	53～57	○	○	○	○	○
	松 尾 正 史	53～54	○	○			
	黒 川 昇	54～57			○	○	
	原 田 康 明	54～57			○	○	
	大 下 藤 房	55～57					○

担当者氏名は順不同である。

**Selection of Resistant Pine
Trees to Pine-wood Nematode
in Kinki and Setonaikai**

Shigeru OKADA,⁽¹⁾ Tomoaki TSUDA⁽²⁾

Summary

Since 1965, the pinewood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*) (Steiner et Burhrer NICKLE) has been resulting severe damages (more than a half million m³ per year) to Japanese red pine (*P. densiflora* SIEB. & ZUSS.) and Japanese black pine (*P. thunbergii* PARL.), especially in the western part of Japan.

Coping with these damages, since 1978, the breeding project for resistance to the pinewood nematode had been carried out, and the resistant individuals which had enough resistance that was comparable with those of Loblolly pines (*P. taeda* L.) were sought.

The objects of this paper are to summarize the breeding method and procedures of the selection breeding, and the information obtained in the developmental researches.

1. Selection methods

Vigorous tree remaining in the stands with survival rate lower than 10% were surveyed. They were selected as resistant candidate trees to the pinewood nematode based on the following standard.

The candidate trees were surveyed within the range of 25 km (red pine) or 4 km (black pine) inland from the coastline, because the severe damaged areas distributed in coastal regions.

2. Testing methods

The test was conducted twice.

The primary inoculation test of the pinewood nematode. The prefectures concerned and the Kansai Forest Tree Breeding Institute examined the candidate trees on resistance to the pinewood nematode by the inoculation test.

The secondary inoculation test. In the Kansai Forest Tree Breeding Institute, all candidate trees passed the primary inoculation test were examined again on their grafted ramets.

The test was performed by the artificial inoculation of the pinewood nematode. The procedures were as follows :

a. Scions were collected from the candidate trees selected according to the forementioned standards, and then the grafting was made.

b. These ramets were transplanted in pot before inoculation, in autumn of the previous year and ramets with normal growth were selected.

c. Each potted ramets were placed in the controlled green house so that test was conducted under advantageous environmental conditions for activities of the pinewood nematode.

d. The inoculation was carried out in early to late July.

e. The inoculation was made in a part of the current shoot. A similar scar trace which was made just like an adult feeding of Japanese pine sawer (*Monochamus alternatus* HOPE) was made for each ramet by the use of a knife and a small saw.

f. Water suspension of 0.1ml with the pinewood nematode being cultured artificially, was inoculated into each scar with a micro-pipet.

Five Prefectures (Hyogo, Wakayama, Okayama, Hiroshima and Yamaguchi) and Kansai Forest Tree breeding Institute participated to this project.

The schedules were as follows:

- ① The selection of candidate trees: 1978 to 1981
- ② The primary inoculation test: 1980 to 1982
- ③ The secondary inoculation test: 1982 to 1984
- ④ The determination of resistant clones: 1982 to 1984

The Kansai Forest Tree Breeding Institute and the five Prefectures selected 7319 candidate trees, and in the primary inoculation test, 375 clones of red pine and 25 clones of black pine were passed. In the secondary inoculation test, 32 clones of red pine and one clone of black pine were determined as the resistant clones.

The results of analyses of data obtained are summarized as follows:

- ① It became clear that the resistance of Japanese red pines to the pinewood nematode was much higher than that of Japanese black pines.
- ② It was recognized no obvious relation between the survival rates in stands with less than 10% and passing rates of the primary and secondary inoculation tests.

Twenty nine clones out of 32 resistant clones of Japanese red pine, were selected from Okayama Prefecture, and a resistant clone of Japanese black pine was selected from Wakayama Prefecture. So the number of the clones passed the primary inoculation test from those two Prefectures was more than of the other Prefectures and passing rates were also higher too.

It was suggested that there might be difference in resistance to the pinewood nematode among geographic pine populations.

- ③ In the inoculation test for open pollinated seedlings of resistant ortets ascertained, and ordinal plus tree clones, survival rates were higher in passed clones than those of plus tree clones. Inoculation test of open pollinated seedlings of some passed ortets were carried out twice in two years. And there was a possible correlation between the family survival rates in both years.

As mentioned above, it was confirmed that there were heritable nature of resistance and positive effect of selection for resistance to the pinewood nematode.