

鹿児島県におけるマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ採種園の種子生産性と家系特性

川内博文*

鹿児島県林業試験場育林地部

Some characteristics of Japanese black pine on Resistance to the Pine-Wood Nematode. Hirofumi KAWAUTCHI * (Division of silviculture, Kagoshima Prefectural Forest Experiment Station, Kagoshima, Japan). *Bulletin of the Kagoshima Prefectural Forest Experiment Station* 6 : 1-10 (2001)

本県では、1987年度に抵抗性クロマツ 16 クロ-ンを、隼人町県営採種園に植栽した結果、1992年度から種子採種が可能となり、以降試験的に採取・育苗し、抵抗性マツの種子生産性や家系抵抗性、接種検定済み苗の家系ごとの形態的特性などを調査してきた。

その結果、抵抗性クロマツ 16 クロ-ンの種子生産性は、クロ-ンごとの差が大きく、採種園産種子の 66%は限られた 5 クロ-ンからの種子であることがわかった。また、種子生産性は、球果の形態や球果に着生する種子量、種子特性により 6 つのパタ-ンに分類することができた。

さらに、家系ごとに育苗し、規格苗率(1年生苗で苗高 5~6cm 以上の占める本数割合)、マツノザイセンチュウ接種検定による残存率を調べたところ、比較的種子生産性の高い田辺 54、志摩 64 等の家系で低く、種子生産性の高いものが必ずしも高い生産効率を示していないことが明らかになった。

また、接種検定後の抵抗性マツ家系の一部に、頂芽が消失し側枝のみが伸長している個体や冬芽の主軸が輪生枝以外の箇所です途中分岐した個体など形態的に特徴のある個体の出現が確認され、一部の家系については遺伝性によるものであることが推察された。

今後、採種園の改良を進めていくには、各クロ-ンの特性のみでなく、各クロ-ンが花粉親としてこれらの形質にどの程度関与しているか、交配状況等をふまえた研究の必要性が示唆された。

キーワード：家系抵抗性、形態的特性、採種園、種子生産性、抵抗性クロマツ

はじめに

マツ材線虫病に対する育種的な対応策として、マツノザイセンチュウに対して遺伝的に抵抗性を持ったマツ(以下、「抵抗性マツ」)の選抜育種が、西日本 14 県と九州林木育種場(現、林木育種センター-九州育種場)、関西育種場(現、同関西育種場)、同四国支場(現、関西育種場四国事業場)の合計 17 機関においてすすめられ、クロマツ 16 及びアカマツ 92 のクロ-ンが選抜された。

本県では、1987年度に抵抗性クロマツ 16 クロ-ンを、隼人町県営採種園に植栽した結果、1996年度から生産者への種子配付が可能となり、1998年度からは抵抗性マツ苗の事業的生産が開始されている。

しかしながら、現在選抜されている抵抗性クロマツ 16 クロ-ンには、種子生産性の低いクロ-ンの存在や、家

系による抵抗性の違いが見られ(戸田, 1997; 戸田・加藤, 1999)、今後は採種園からの著しく不良なクロ-ンや人為的なミスによって生じた異個体の除去、あるいは追加選抜による新たな抵抗性個体や種間雑種抵抗性クロ-ンの採種園への導入など、採種園の改良の必要性が指摘されている(宮原ほか, 1998)。また、各家系の成長、樹形、耐塩性等の特性については未解明な部分が多く、今後は各クロ-ンの特性と合わせて、これら家系別の諸特性をふまえた評価が必要であると考えられる。

本稿では、「マツノザイセンチュウ抵抗性松苗供給事業」(1993~1998年度)において、鹿児島県抵抗性マツ採種園産種子の採取、育苗、植栽を通じて得られた、各クロ-ンの成長特性、種子生産性及び家系別の抵抗性、稚苗成長性、植栽後の苗に見られる形態的な諸特性等について報告する。

*現鹿児島県大隅農林事務所森林土木課

*Present address: Oosumi Agricultural and Forestry Administration Office, Kagoshima 899-8102

鹿児島県抵抗性マツ採種園の概況

鹿児島県マツノザイセンチュウ抵抗性マツ採種園（以下抵抗性マツ採種園）は、鹿児島県本土のほぼ中央部に位置する始良郡隼人町と溝辺町の町境にあり、鹿児島空港に隣接して1987～1988年に造成された。面積1.0haの園内には、西日本地域から抵抗性クロマツとして選抜された16クローンの接ぎ木苗が、ギルティッヒ法（Giertych,1965）により400本植栽され、1999年現在で11年生となっている。

これまでに抵抗性マツ採種園から採取された種子生産量と本県抵抗性松苗の生産量の推移を図-1に示す。

植栽後4年目から球果着生が見られ、5年目の1992年度から試験的に採取を開始した。その後1996年度からは種苗生産者による事業的採取を開始している。

種子着生量は若干の豊凶があるものの、趨勢としては増加傾向を示しており、クローンへの成長に伴い、当分増加していくと見込まれている。

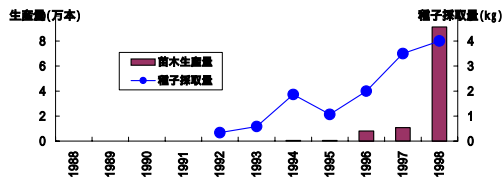


図-1 抵抗性マツ採種園における種子生産量及び抵抗性マツ苗生産量

表-1 鹿児島県抵抗性マツ採種園におけるクローン別樹高・胸高直径

抵抗性クロマツクローンの諸特性

抵抗性クロマツクローンの成長性

抵抗性マツ採種園における、植栽後9年目のクローン別樹高、胸高直径の測定結果及び偏差値による相対評価値を表-1に示した。

採種園全体の平均樹高は5.1mで、各クローンの成長性に差がみられる。

特に樹高成長の優れたクローンは、小浜24、大瀬戸12、穎娃425で、逆に劣ったクローンは三豊103、津屋崎50、志摩64である。

また、胸高直径成長については、平均胸高直径が10.5cmで、大瀬戸12、小浜24で大きく、三豊103、田辺54、津屋崎50、吉田2で小さい。

樹高及び胸高直径の評価値がいずれも「4」以上のクローンは、小浜24、大瀬戸12で、他方いずれも「2」以下のクローンとして三豊103、津屋崎50、田辺54が挙げられ、このことから、前者の2クローンは比較的成長の優れたクローンで、後者の3クローンは劣るクローンであるといえる。

鹿児島県下におけるマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ採種園の種子生産性と家系特性

NO	クロ-ン名	産地	本数	樹高(m)			評価値*	特性表評価値**	胸高直径(cm)			
				平均	最大	最小			平均	最大	最小	評価値*
1	三豊ク-103	香川	20	3.8	4.6	2.5	1		5.4	9.0	3.8	1
2	川内ク-290	鹿児島	13	5.4	7.0	3.3	3	4	12.6	17.6	6.4	4
3	波方ク-37	愛媛	19	5.6	7.3	3.1	4	3	10.9	14.8	4.4	3
4	大瀬戸ク-12	長崎	11	6.1	7.0	3.7	4	4	15.9	19.4	6.1	5
5	吉田-2	愛媛	26	4.9	6.0	3.0	3	1	9.1	13.5	3.7	2
6	穎娃ク-425	鹿児島	25	5.6	8.3	3.4	4	3	11.2	13.4	6.1	3
7	津屋崎ク-50	福岡	24	4.2	6.2	3.2	2	3	8.5	13.1	5.2	2
8	小浜ク-24	長崎	20	6.9	9.2	3.6	5	4	16.1	19.2	6.3	5
9	小浜ク-30	長崎	21	4.9	6.8	3.1	3	5	9.7	16.1	5.0	3
10	波方ク-73	愛媛	20	5.0	6.5	2.5	3	3	9.6	14.7	3.8	3
11	土佐清水ク-63	高知	25	5.0	5.9	3.5	3		9.5	13.1	3.9	3
12	大分ク-8	和歌山	21	5.3	6.6	2.9	3	3	10.3	14.2	4.1	3
13	夜須ク-37	福岡	10	5.4	6.4	3.8	3	3	11.2	15.8	7.3	3
14	田辺ク-54	和歌山	14	4.5	8.3	2.7	2	1	8.1	16.9	4.4	2
15	志摩ク-64	福岡	23	4.1	5.4	2.5	2	2	10.0	13.7	3.3	3
16	三崎ク-90	愛媛	22	4.6	6.0	2.4	2	3	9.8	13.1	3.6	3
平均				5.1	6.7	3.1			10.5	14.9	4.8	
標準偏差				0.782	1.155	0.460			2.671	2.620	1.242	
分散				0.573	1.252	0.198			6.689	6.435	1.446	

1996年2月調査

* 下により算出した。

偏差値 = $50 + ((\text{クロ-ンの値} - \text{全クロ-ンの平均値}) / (\text{全クロ-ンの標準偏差})) \times 10$

評価値 = 5: 65以上, 4: 55 ~ 65未満, 3: 45 ~ 55未満, 2: 35 ~ 45未満, 1: 35未満

** 九州地区林業試験研究機関連絡協議会(育種部会), 1999, マツノザイセンチュウ抵抗性マツ特性一覧

また、表 - 1 の樹高欄に、特性表評価値として「マツノザイセンチュウ抵抗性マツ特性一覧」(1999)に掲載されている成長性の評価値を示した。先に述べた5クロ-ンについてはおおむね一致していることがわかる。

次に、クロ-ンの持つ形態的な特徴についてであるが、これまでの調査や採種園の管理を通じて、16クロ-ンの中には形態的に特徴のあるものが散見されることがわかった。

三豊103は、先にも述べたとおり、樹高が低く、樹冠全体のボリュームに乏しい特徴がある。そのため後述のように球果の着生できる箇所が極めて少ない。また、葉に黄色い斑紋が入り、全体的に黄色を呈している。

また志摩64は全体的に丸みを帯びたような樹冠を呈しており枝数が多いという特徴がある。

さらに、枝の数が他のクロマツに比べて3倍あり、耐塩性も優れているとしており、現在「荒尾」という名で品種登録されている(森田・中島, 1989)。

今後はこうした特徴的な形態を利用して、緑化木としてあるいはゴルフ場や防潮林、防風林としての活用も考えられる。

これまでに抵抗性マツ採種園から採取された種子生産量の推移(図 - 1)をみると、植栽後4年目から球果の着生が見られ、以降クロ-ンの成長とともに生産量は年々増大している。5年目の1992年度から7年目の1995年度にかけて、当該において試験的に採取しクロ-ンごとの種子生産量を調査した。調査は、10月下旬に採取した球果を天日乾燥し、離脱した種子のうちシナ種子を取り除いた精選種子について、クロ-ンごとに総重量を測定して行った。なお、採種母樹の各クロ-ンの判定は、植栽配置図と外部形態によった。

表 - 2 に、すべてのクロ-ンで種子が取れはじめた1994年、1995年の採取種子重量及び両年の平均値と全体量に占める各クロ-ンごとの占有率を示した。

これによると、年によって採取量の異なるクロ-ンもあるが、比較的種子生産量の多いクロ-ンは、波方73、志摩64、波方37、田辺54、穎娃425で、この5クロ-ンで全種子生産量の66%を占めていることがわかる。言い換えると本県の採種園から供給される抵抗性マツ種子の7割弱は、この5クロ-ンが担っているということになる。

表 2 クローン別精選種子生産量

	1994年 (g)	1995年 (g)	平均 (g)	占有率 (%)
三豊ク-103	41.2	4.3	22.8	2
川内ク-290	56.2	42.7	49.5	4
波方ク-37	152.2	153.2	152.7	12
大瀬戸ク-12	87.9	31.5	59.7	5
吉田-2	36.7	1.1	18.9	2
穎娃ク-425	109.3	101.2	105.2	8
津屋崎ク-50	108.6	14.8	61.7	5
小浜ク-24	4.0	2.8	3.4	0
小浜ク-30	93.8	30.4	62.1	5
波方ク-73	286.2	189.9	238.1	19
土佐清水ク-63	59.8	18.2	39.0	3
大分ク-8	35.8	48.0	41.9	3
夜須ク-37	29.9	27.6	28.8	2
田辺ク-54	182.7	110.1	146.4	12
志摩ク-64	284.0	80.1	182.0	14
三崎ク-90	54.9	33.0	44.0	4
合計	1623.2	889.0	1256.1	100
平均	101.5	55.6	78.5	

逆にクロンの中には、三豊 103、吉田 2、小浜 24、土佐清水 63、大分 8、夜須 37 のように種子生産量の少ないものもあり、クロンごとにかんりの差が見られる。

このような、クロンごとの生産量の差が、球果や種子の特性等とどのような関係にあるのか、以下各項

表 - 3 抵抗性クロマツクローン別の球果着生状況

クロン名 No	球果数 個	平均重 g	着生評価	備 考
1 三豊ク-103	34	19.2	2	樹高が低くて着生量少ない、葉が黄色、球果は大きい。 着生量少ない
2 川内ク-290	30	19.0	1	
3 波方ク-37	36	13.9	4	
4 大瀬戸ク-12	44	17.3	4	着生量少ない。球果がきわめて小さい。
5 吉田-2	32	7.2	2	
6 穎娃ク-425	31	15.8	4	着生量少ない アイグロマツ
7 津屋崎ク-50	11	13.0	1	
8 小浜ク-24	30	13.0	3	
9 小浜ク-30	32	18.2	3	着生量多い
10 波方ク-73	30	11.2	4	
11 土佐清水ク-63	30	13.3	2	着生量多い
12 大分ク-8	37	11.1	5	
13 夜須ク-37	39	11.0	2~3	着生量多い
14 田辺ク-54	34	15.6	5	
15 志摩ク-64	32	17.6	5	球果大きい。着生量多い
16 三崎ク-90	38	19.3	5	
計(平均)	520	14.7		

調査年月: 1998.10

73、志摩 64、波方 37、田辺 54、穎娃 425 の球果着生状況は、いずれも「4」か「5」となっており、これらはいずれも球果着生量の多さが種子生産量に反映されていることを示している。しかしながら種子生産量の少ないクロンについてみると、かならずしも着生評価と一致しておらず、種子生産量が最も少なかった小浜 24 の着生

目ごとに検討した。

クロン別球果着生量

1998年10月に抵抗性マツ採種園から、クロンごとに採取した球果の着生状況と、球果1個当たりの平均重量を表-3に示した。

表中の「着生状況」については、5段階評価で表し、「5」が極めて多い、「3」が中程度、「1」は極めて少ないか、ほとんど着生していないことを表している。

評価方法は、調査対象クロン数を、各クロン10~12本とし、採取球果数が30個を越えた時点で採取を終了した。12本すべて調査しても採取球果数が30個に満たないクロンを評価「1」、逆に1~2個体の母樹で30個以上採取できるクロンを評価「5」とし、その他は相対評価によりランク付けを行った。

なお、採取対象母樹は、いずれもRAPDマーカーにより品種同定した個体とした(川内・後藤, 1999)。

評価値が「5」と比較的着生量の多いクロンは、大分8、田辺54、志摩64、三崎90で、逆に少ないクロンは、三豊103、川内290、吉田2、津屋崎50、土佐清水63、夜須37であった。

また、前項で種子生産量の多かった5クロン波方

着 生 評 価	
1	極めて少ないか、ない
2	少ない
3	普通
4	多い
5	極めて多い。

□ は、精選種子生産量の少ないクロン

評価は「普通」、大分8の着生評価は「極めて多い」と判定されている。

また、球果の1個当たり重量を見ると、吉田2が極端に小さい値を示しており、これらのことから、種子生産量の少ないいくつかのクロンについては、球果の形態など球果着生量以外の特性に生産量の少ない原因があることを示唆している。そこで次に球果形態と種子着生量

との関係について見た。

クロン別球果の形態と種子着生量

表 - 4 は、球果の採取直後に測定した長径（球果の縦の長さ）と短径（球果の幅）及びその偏差値による相対評価値をクロンごとに示したものである。

評価値が長径、短径ともに「4」以上のクロンは三豊 103、川内 290、小浜 30、志摩 64、三崎 90 の 5 ク

ロ - ンで、いずれも「2」以下のクロ - ンは、吉田 2 と夜須 37 の 2 クロ - ンであった。長径の最も大きい三崎 90 と最も小さい吉田 2 を比較すると、両者には平均値で 17mm、三崎 90 の最大値と吉田 2 の最小値間には 32.4mm の差がみられ、球果の大きさにもクロン間で違いが見られることがわかる。

表 - 4 抵抗性クロマツ球果のクロン別長径と短径

採種母樹 クロン名	長径 (mm)					短径 (mm)				
	平均	標準偏差	最大	最小	評価値	平均	標準偏差	最大	最小	評価値
1 三豊ク-103	52.6	5.7	65.4	35.7	4	27.9	2.1	31.5	22.8	4
2 川内ク-290	54.8	4.3	62.5	46.1	5	27.4	1.4	30.5	25.0	4
3 波方ク-37	45.2	4.1	53.9	35.7	3	24.4	1.5	27.7	20.5	3
4 大瀬戸ク-12	49.3	3.5	56.0	42.6	3	27.5	1.4	30.3	24.0	4
5 吉田-2	36.8	5.0	48.0	27.8	1	20.7	1.8	24.2	17.8	1
6 頼娃ク-425	45.7	4.1	54.4	41.0	3	26.7	1.6	29.6	24.1	4
7 津屋崎ク-50	41.8	9.1	55.9	29.7	2	24.8	4.0	30.3	20.0	3
8 小浜ク-24	48.2	5.2	59.4	39.7	3	22.9	1.7	26.2	20.0	2
9 小浜ク-30	53.0	4.5	62.6	41.8	4	26.8	2.1	31.4	22.6	4
10 波方ク-73	45.2	5.1	53.8	33.7	3	23.4	2.1	26.4	18.1	2
11 土佐清水ク-63	44.2	4.8	52.0	36.1	2	25.1	2.0	28.4	20.8	3
12 大分ク-8	45.5	4.4	53.8	36.3	3	22.1	1.7	25.0	18.5	2
13 夜須ク-37	44.1	3.1	50.5	38.1	2	22.6	1.5	26.4	20.5	2
14 田辺ク-54	45.9	4.6	55.4	33.9	3	26.2	1.7	29.5	23.2	3
15 志摩ク-64	50.1	3.6	57.0	43.0	4	26.6	1.2	28.9	23.4	4
16 三崎ク-90	53.8	2.8	60.2	49.1	4	27.7	1.3	30.2	25.3	4
平均	47.3	4.6	56.3	38.1		25.2	1.8	28.5	21.7	

1: 1998年12月調査

2: 偏差値 = 50 + ((クロンの値 - 全クロンの平均値) / (全クロンの標準偏差)) × 10
 評価値 = 5:65以上, 4:55 - 65未満, 3:45 - 55未満, 2:35 - 45未満, 1:35未満

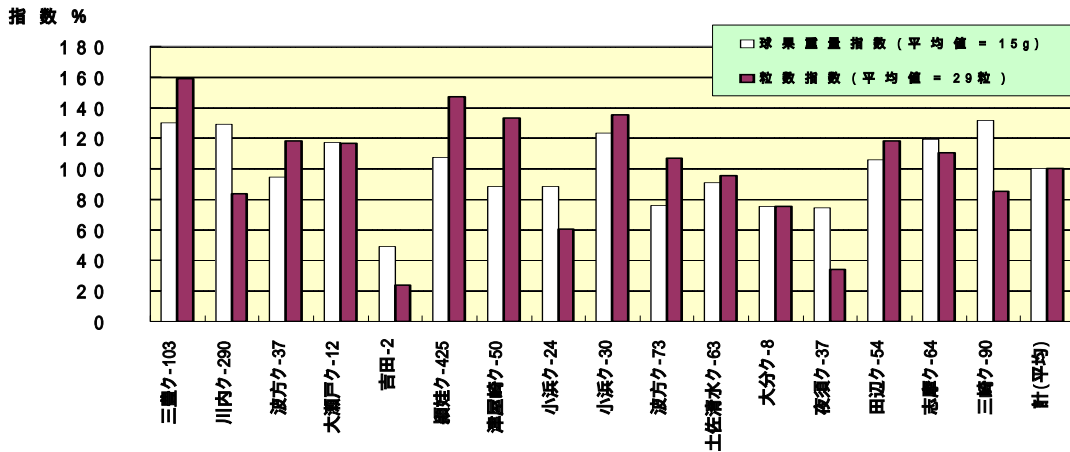


図 - 2 クロン別 1 球果当たりの球果重量、種子粒数指数 (平均値 = 100)

そこで、次に球果重量と種子粒数の関係を調べ、図 - 2 に示した。

図 - 2 は、採取球果 30 個について、クロン別の球果 1 個当たりの球果重量と球果 1 個当たりの種子粒数をカウントし、平均値を 100 とした指数で示したものである。

ちなみに平均値を見ると、球果 1 個当たりの平均重量は 15g で、着生粒数は 29 粒であった。

また、先の球果長と平均重量には高い相関が見られ、相関係数は、長径で 0.904、短径で 0.961 となっている。

球果重量、種子粒数ともに平均値を上回っているクロンは、三豊 103、大瀬戸 12、頼娃 425、小浜 30、田

辺 54, 志摩 64 であり, これらはいずれも比較的正常的な球果を持つクロ - ンであると考えてよい。

他方吉田 2, 小浜 24, 大分 8, 夜須 37 は, 球果重量, 種子粒数ともに平均値を下回っており, 他の球果に比べ小さく, 着生する種子の数も少ないクロ - ンであることが伺われる。

他に, 特徴的な傾向として, 先に生産量の少ないクロ - ンとしてあげた三豊 103 は, 16 クロ - ンの中で最もたくさんの種子を付ける球果を持つクロ - ンであることや, 波方 73, 土佐清水 63, 大分 8, 夜須 37 のように, ほぼ同じ球果重量でも, 着生する粒数には大きな差が見られることなどがあげられる。

また, 種子生産性に影響する因子のひとつとして「閉球果」がある。閉球果というのは, 球果を乾燥しても球果が開かず, 種子生産ができないものをいい, 今回の調査では川内 290, 吉田 2, 津屋崎 50, 夜須 37 に見られた。(表 - 5)

表 - 5 抵抗性クロマツクローン別の閉球果率

採種母樹 No クロ - ン名	個体数 個	閉球果 個	閉球果率 %
1 三豊ク-103	34	0	0
2 川内ク-290	30	6	20
3 波方ク-37	36	0	0
4 大瀬戸ク-12	44	0	0
5 吉田-2	32	4	13
6 穎娃ク-425	31	0	0
7 津屋崎ク-50	11	3	27
8 小浜ク-24	30	1	3
9 小浜ク-30	32	1	3
10 波方ク-73	30	0	0
11 土佐清水ク-63	30	0	0
12 大分ク-8	37	0	0
13 夜須ク-37	39	8	21
14 田辺ク-54	34	0	0
15 志摩ク-64	32	0	0
16 三崎ク-90	38	0	0
計(平均)	520	23	4

クロ - ン別精選率

前項で採取した種子のクロ - ン別種子粒数, 種子重量及び精選率を表 - 6 に示す。「精選率」は, 総粒数に占める充実種子(シイナ種を除いた種子)粒数の割合を示した。

精選率は, 小浜 24 が極端に少なく, ほとんど充実種子の見込めないクロ - ンであることがわかる。小浜 24 の特性については, クロマツとして選抜された 16 クロ - ンの中でアカマツとの種間雑種であること(渡辺ほか, 1996) や, 種間雑種である小浜 24 と他のクロ - ン間表 - 6 抵抗性クロマツ別の種子特性

採種母樹 クロ - ン名 No	球果数 A 個	種子粒数 B 粒	総種子重量 C g	球果1個当たり 種子粒数B/A 粒	種子1粒当たり 重量C/B g	精選種子粒数 D 粒	球果1個当たり 精選種子粒数 D/A 粒	精選率 D/B %	備考
1 三豊ク-103	34	1557	26.22	46	0.0168	1440	42	92.49	
2 川内ク-290	30	724	10.36	24	0.0143	593	20	81.91	
3 波方ク-37	36	1226	13.68	34	0.0112	1048	29	85.48	
4 大瀬戸ク-12	44	1478	19.07	34	0.0129	1341	30	90.73	
5 吉田-2	32	218	2.57	7	0.0118	187	6	85.78	
6 穎娃ク-425	31	1315	15.20	42	0.0116	1256	41	95.51	
7 津屋崎ク-50	11	422	4.29	38	0.0102	231	21	54.74	
8 小浜ク-24	30	520	2.76	17	0.0053	29	1	5.58	
9 小浜ク-30	32	1246	20.70	39	0.0166	1026	32	82.34	
10 波方ク-73	30	922	10.29	31	0.0112	686	23	74.40	
11 土佐清水ク-63	30	824	12.13	27	0.0147	716	24	86.89	
12 大分ク-8	37	803	10.78	22	0.0134	704	19	87.67	
13 夜須ク-37	39	380	4.43	10	0.0117	269	7	70.79	
14 田辺ク-54	34	1156	14.08	34	0.0122	1026	30	88.75	
15 志摩ク-64	32	1017	18.17	32	0.0179	883	28	86.82	
16 三崎ク-90	38	934	16.73	25	0.0179	701	18	75.05	
計(平均)	520	14742	12.59	(29)	0.0140	(12136)	(23)	(77.81)	

1: 採種日1998.10.14

2: 天日乾燥にて34日乾燥後, 40 で24時間人工乾燥した。

では何らかの生殖的隔離が存在していること(宮原ほか

か, 1998) などが解明されており, 今回の調査結果で

もほぼこれらを裏付ける結果となった。

他のクロンでは津屋崎 50 が 54% と低く、この 2 クロンを除けば、クロン間差はあるものの、おおむね 70% 以上を示している。

種子着生量と球果特性によるクロン別パターン

以上の結果を一覧表にすると表-7 のとおりである。各クロンを種子生産量の多少に分け、それぞれの特性について、以下の 6 パターンにタイプ分けした。

【生産量の多いグループ】

球果着生数がきわめて多く、球果に着生する種子量も比較的多い

田辺 54, 志摩 64, 波方 73, 波方 37, 穎娃 425

【生産量の少ないグループ】

球果着生数が多いが、小球果で、球果に着生する種子量が少ない 大分 8

球果着生数は少ないが、大球果で、球果に着生する種子量が多い 三豊 103, 小浜 30

比較的大球果であるが、球果着生数や球果に着生する種子量が少ない 川内 290

球果着生数が少なく、小球果で、球果に着生する種子量も少ない 吉田 2, 夜須 37,

充実種子がほとんどない。 小浜 24

先に、種子生産量の多いとしてあげた波方 73, 志摩 64, 波方 37, 田辺 54, 穎娃 425 は、いずれも着生する球果の多さから先の結果となったものと推察される。また、これらは比較的正常的な球果を持つクロンであった。

他方 種子生産量が少ないその他のクロンのうち、吉田 2, 夜須 37 は、球果そのものが小さく、着生する球果数や種子粒数も少ないことによるものである。また、小浜 24 は、種間雑種であることに起因する精選率の低さによるものであった。三豊 103, 小浜 30 は、球果形状は比較的大きく、球果に着生する種子粒数も多いものの、球果数が少ないことからこうした傾向が見られたものと思われる。特に三豊 103 は、前項 3-1 でも見たとおり、樹高成長の低さや枝数が少ないという樹形的な特性も関与していると考えられることから、現在の種子生産量が少なくても、今後母樹の成長とともに増加していくことが予想される。

しかしながら、吉田 2, 夜須 37, 小浜 24 のように、クロンの特性として生産量の少ないクロンについては、今後採種母樹としての価値は、極めて低いといえる。

また、クロンの中には、明確に分類できないものもある。大瀬戸 12, 三崎 90 は、極めて多くの球果を付け、球果自体も比較的大きく、球果に着生する種子量も少なくないにも関わらず、採種園からの種子採取量は低かった。今回の調査では、球果の多い個体についてはほとんど 1~2 本の母樹からしか採取していない。今後は、母樹の配置や人為的なクロンの配置ミス(川内・後藤, 1999)などを考慮し、交配様式をふまえた検討が必要であると考えられる。

表 7 種子着生量と球果特性によるクロン別パターン

採種母樹 クロン名	種子生産量*1		球果重量		球果当たり着生種子数		精選率 低い*4
	多い	少ない	指数	偏差値*3	指数	偏差値*3	
三豊ク-103	2		130	4	159	5	
川内ク-290	1		129	4	84	3	
波方ク-37	4		94	3	118	3	
大瀬戸ク-12	4		117	4	116	3	
吉田-2	2		49	1	24	1	
穎娃ク-425	4		107	3	147	4	
津屋崎ク-50	1		88	3	133	4	
小浜ク-24	3		88	3	60	2	
小浜ク-30	3		123	4	135	4	
波方ク-73	4		76	2	107	3	
土佐清水ク-63	2		91	3	95	3	
大分ク-8	5		75	2	75	2	
夜須ク-37	2~3		75	2	34	1	
田辺ク-54	5		106	3	118	3	
志摩ク-64	5		119	4	110	3	
三崎ク-90	5		131	4	85	3	

注:

*1 表 3-2: クロン別精選種子生産量。

*2 表 3-3: 抵抗性クロマツクロン別の球果着生状況。

*3 図 3-1: クロン別 1 球果当り球果重量, 種子粒数指数, 偏差値の算出は以下による。
偏差値 = $50 + ((\text{クロンの値} - \text{全クロンの平均値}) / (\text{全クロンの標準偏差})) \times 10$
評価値 = 5: 65 以上, 4: 55 ~ 65 未満, 3: 45 ~ 55 未満, 2: 35 ~ 45 未満, 1: 35 未満

抵抗性マツ家系の諸特性

この項では、抵抗性マツ家系 1 年生苗の成長性や接種

検定時の家系抵抗性，海岸への植栽事例調査により得られた家系ごとの形態的特性について報告する。

家系特性の把握は，各形質の発現がクロン特性のほか，採種園における交配状況等の影響もあることから，今後各クロンの花粉親としての貢献度等を研究するに当たっても重要であると考えられる。

抵抗性マツ家系別苗木の成長性

鹿児島県における抵抗性マツの生産は，1年生苗の育苗を県内の1生産者で行い，床替え時に県内7生産者に配付し，各生産者による接種検定で枯損しなかった健全苗を接種検定済み抵抗性マツとして出荷することとしている。

図-3は，1年生苗を各生産者に配付する際に実施した得苗調査の結果を示したものである。規格苗高を5cm以上とし，全体の苗木本数に対する規格苗の本数割合を規格苗率として各家系ごとに示した。また，図中「混合」とは，各家系をミックスしたもので，平均値はこれを含めた値である。

これによると，全体の平均が72%で，最も高い家系は土佐清水63の98%で，次いで小浜24(93%)，穎娃425(91%)となっており，これらはいずれも90%以上の得苗率であった。また，得苗率の低い家系を見ると，最も低い家系が田辺54で33%，次いで志摩64の45%となっている。特に規格苗率の低い2家系は，前項3で示したとおり，比較的種子生産性の高いクロンを母樹としており，規格苗の本数としては多いものの，比較的

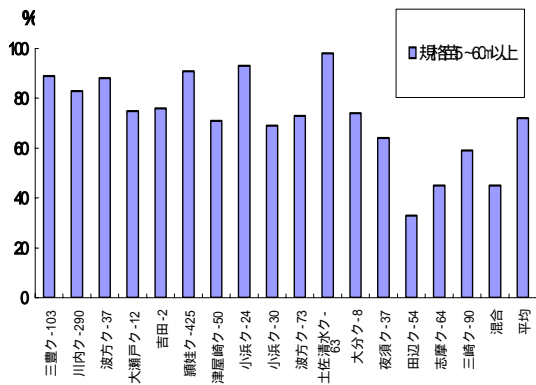


図-3 抵抗性クロマツ家系の床替え時における規格苗

生産効率の悪い家系であることが伺える。ちなみに最も低い得苗率であった田辺54の規格苗本数は，すべての家系で最も多く，10,473本と全体本数の14%を占めていた。

また，混合の規格苗率が低いのも，田辺54が多く含まれていたためと考えられる。

抵抗性マツの家系抵抗性

抵抗性マツの生産では，1年生苗にマツノザイセンチュウを1本当たり5000頭接種し，生存したものを出荷することとしている。

図-4は，2年生苗木に1本あたり5000頭のマツノザイセンチュウを接種し，その生存率をみたものである。

試験は，1996年7月22日~7月25日にかけて林業試験場内の圃場で実施した。抵抗性クロマツの接種総数は12,893本で，コントロールとして，鹿児島県林業試験場内のテ-ダマツ，霧島のアカマツ(在来アカマツと

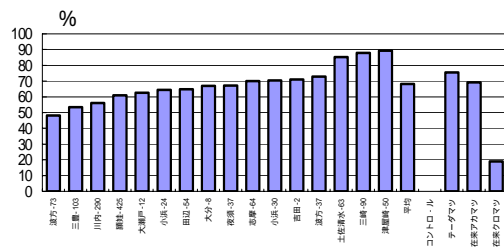


図-4 接種検定後の残存率

表示)，桜島のクロマツ(在来クロマツと表示)から採取した種子を，抵抗性マツと同時期に育苗して用い，それぞれ631本，329本，644本利用した。

マツノザイセンチュウは，抵抗性マツ選抜に用いられた「島原個体群」(藤本ほか，1989)を，鹿児島県林業試験場で継代・増殖したものを利用し，接種方法は，0.1mlあたり10000頭に調整したセンチュウ液を，1本あたり0.05ml(5000頭)ずつ当年生枝の基部をカットにより剥皮し接種する「剥皮接種法」により行った。

また，枯損状況調査は，3ヶ月経過後の11月8日に行い，健全な苗木の本数を計測した。

接種検定結果は，検定時の気温・降水量等の気象条件や苗木の健全度により異なり，降水量が多ければ検定圧が低下するといわれる。(戸田，1997)接種検定を行った1996年7月の気温と降水量は，月平均気温が26.6で月降水量が579mmと，平年値(1995~1999年平均値，平均気温26.6，平均降水量400mm)よりもやや多めの降水量であった。

図-4によると，在来マツの生存率が18.9%であるのに対し，抵抗性マツ家系の平均値は68.2%と明らかに選抜効果があったことを示している。家系別に見ると，最も高い残存率を示した家系は津屋崎50の89.3%で，最

も低い家系は波方 73 の 48.2%であった。また、一般的に強いといわれるテーダマツの残存率が 75.6%、アカマツが 69.3%で、これらと同等あるいはそれ以上の生存率を示しているクローンが、津屋崎 50、三崎 90、土佐清水 60、波方 37、吉田 2、小浜 30、志摩 64 の 7 家系であった。またこれらの結果を、種子生産性との関連で見ると、前項 3 で種子生産量の多いクローンとしてあげた波方 73、波方 37、穎娃 425、田辺 54、志摩 64 のうち波方 37 と志摩 64 がほぼ平均で、他はいずれも平均値を下回っていることがわかる。一方残存率の高い 7 家系(津屋崎 50、三崎 90、土佐清水 60、波方 37、吉田 2、小浜 30、志摩 64)のうち 5 家系は種子生産量が平均以下のものであった。(表 - 2)

抵抗性マツ家系の形態的特性

接種検定済みの抵抗性クロマツ 2 年生苗は、現在鹿児島県川内市 1 カ所(1997 年 3 月設置)、加世田市 2 カ所(1995 年 3 月、1999 年 3 月設置)の各海岸に家系別に植栽され、現在も引き続き、植栽後の活着率やその後の残存率、成長状況等を調査している。

試験地により経過年数が異なるが、比較的高い残存率を示す試験地がある一方、夏場の高温・小雨やこれに伴う潮害等により枯損しているケ - スも見られる。枯損個体については、ベルマン法によりマツノザイセンチュウを抽出したが、いずれの試験地からも発見されず、現在のところマツノザイセンチュウ病による枯損はない。

ただ、植栽後 1 年目の植栽苗に、家系ごとの形態的な特徴が見られたので以下に示す。

今回調査した試験地は、加世田市万世地内の海岸部にあり 1999 年 3 月に設定された。6 ヶ月経過後の 1999 年 7 月現在の活着率は 98%で、すべての家系が順調に生育している。成長状況は、平均樹高が 64.1cm、平均根元

径が 14mm、最大の枝張りが 34.5cm であった。

調査は、各家系ごとに 30 本ずつ、樹高、根元径、枝張り、冬芽の状況、枝数の状況等について行った。

冬芽の状況は、「主軸の萎縮」として頂芽が伸長せず、側枝が主幹をなしつつある個体の出現率を、また、「冬芽の分岐」として冬芽の主幹が輪生枝以外の部分で分岐した個体の出現率を、さらに「冬芽の湾曲」として冬芽が異常に湾曲する個体の出現率について、総個体数に占める出現個体数の割合で示した。また「枝数」については、枝数が多く全体的に丸い樹冠をなす個体を「5」、枝数が少ない個体を「1」とし、どちらとも判別できない個体を「3」として、目視による相対的な評価値で示した。結果を表 - 8 に示す。

まず「主軸の萎縮」については、すべての家系に見られ、全体で 41.4%の出現率であった。家系別に見ると三豊 103、吉田 2、田辺 54 で多く見られた。

また、「冬芽の分岐」については、16 家系中 8 家系で確認され、全体では 4.4%の出現率であった。家系別には川内 290、志摩 64 で高く 15%、次いで大瀬戸 12、津屋崎 50 で 10%を示していた。

「冬芽の湾曲」については 16 家系中 4 家系で見られ、吉田 2、三崎 90 で高かった。こうした、冬芽の形態変異が、遺伝的特性であるのか、病害あるいは、接種検定等の外部からのストレスによるものか、明確ではなかった。ただ、冬芽の分岐が最も多く見られた志摩 64(森田・中島、1989)は、冬芽の分岐が母樹の特性でもあることから、遺伝的な変異によるものではないかと推察された。

表 - 8 接種検定済み苗の形態的特徴

No.	抵抗性マツ家系	枝張り		主軸の萎縮 %	冬芽の分岐 %	冬芽の湾曲 %	枝数 評価値
		平均(Cm)	標準偏差				
1	三豊ク-103	28.9	9.762	57.5	7.5	0.0	3.0
2	川内ク-290	41.4	11.526	50.0	15.0	0.0	4.3
3	波方ク-37	34.5	8.462	47.5	0.0	0.0	3.0
4	大瀬戸ク-12	32.5	7.100	32.5	10.0	7.5	3.0
5	吉田-2	36.6	8.656	55.0	0.0	10.0	3.0
6	穎娃ク-425	37.5	7.702	40.0	2.5	2.5	3.0
7	津屋崎ク-50	33.5	8.758	20.0	10.0	0.0	2.5
8	小浜ク-24	32.5	9.797	30.0	0.0	0.0	2.5
9	小浜ク-30	35.0	8.619	47.5	2.5	0.0	3.8
10	波方ク-73	30.6	7.618	47.5	0.0	0.0	2.5
11	土佐清水ク-63	32.6	8.062	25.0	0.0	0.0	3.3
12	大分ク-8	34.1	9.067	45.0	0.0	0.0	3.0
13	夜須ク-37	36.9	5.665	37.5	0.0	0.0	4.1
14	田辺ク-54	34.5	7.329	55.0	0.0	0.0	3.0
15	志摩ク-64	37.0	7.398	30.0	15.0	0.0	4.5
16	三崎ク-90	35.2	8.762	42.5	7.5	15.0	3.0
	平均	34.6		41.4	4.4	2.2	3.2
	標準偏差	2.877		10.932			0.599

注： 鹿児島県加世田市万世地内，1999年3月植栽。1999年7月調査。

表中「主軸の萎縮」とは、頂芽が消失し側枝が伸長している個体の出現率を%で表示。

「冬芽の分岐」とは、冬芽の主幹が輪生枝以外の冬芽の途中から分岐した個体の出現率を%で表示。

「冬芽の湾曲」とは、冬芽が異常に湾曲する個体の出現率を%で表示。

おわりに

今回の調査により、鹿児島県抵抗性マツ採種園における植栽後7年目までの各クロンの種子生産性や家系別の諸特性を把握することができた。

精選種子量、得苗率及び接種検定後の残存率から、苗木生産に寄与している割合を算出してみると、波方37、波方73、穎娃425が高く、現時点ではこれらが生産効率の良い母樹であるといえる。

しかし、これらはいずれも精選種子量の多かったクロンであり、今後、母樹が成熟するに従い各クロンの精選種子量が増加することにより生産効率も変化していくことが想定される。今後も継続的に調査を実施し、各クロンごとの種子生産性や家系別諸特性を把握していく必要がある。

また、各クロンが花粉親として各形質にどの程度関与しているかは未解明であるため、交配様式等をふまえたクロンの評価がきわめて重要であると考えられる。

摘要

鹿児島県におけるマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ採種園の種子生産性と家系特性を調査した。概要は以下のとおりである。

抵抗性マツ16クロンには成長性・形態に特徴が見られ、成長の優れたクロンは小浜24、大瀬戸12で、比較的成長の劣るクロンは三豊103、津屋崎50、田辺54であった。

種子生産性はクロンごとの差が大きく、いくつかのクロンについては、球果の形態や球果に着生する種子量、種子特性により6つのパターンに分類することができた。

クロンの遺伝的性質（特性）として種子生産性の低い吉田2、夜須37、小浜24は、採種母樹として問題があると思われた。

田辺54、志摩64は稚苗の規格苗率が低く、いずれも種子生産性は高いものの生産効率の低い家系であることが伺われる。

接種検定による残存率の高い家系は、種子生産性の比較的低いクロンからのものであった。

これらの結果から種子生産性の高いクロンが必ずしも高い生産効率を示していないことがわかった。

抵抗性マツ家系の冬芽には形態的特性が見られ、一部については遺伝性によるものであることが推察された。

引用文献

藤本吉幸・戸田忠雄・西村慶二，1989，九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，林育研報，7，1-84

Giertych.M.M.,1965, Systematic lay-outs for seed orchards. Silvae Genet.14:91-94

川内博文・後藤 晋，1999，鹿児島県のマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ採種園におけるクロン管理のモニタリング，日林誌，81(4)，338～340

九州地区林業試験研究機関連絡協議会(育種部会)，1999，マツノザイセンチュウ抵抗性マツ特性一覧，35～58

鹿児島県下におけるマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ採種園の種子生産性と家系特性

- 宮原文彦・前田 一・白石 進, 1998, マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ採種園構成クローンとしての小浜-24号の評価, 日林誌, 80(3), 233~235
- 森田正彦, 中島勇夫, 1989, 枝成長からみた抵抗性クロマツ志摩64の特性, 九育年報, No17, 61-65
- 戸田忠雄, 1991, 志摩ク-64号のつぎ木増殖とみじょう苗の形態区分, 九育年報, No19, 108-4
- 戸田忠雄, 1993, 九州におけるマツノザイセンチュウ抵抗性育種 - 抵抗性クローンの選抜後の研究経過 -, 林木育種センタ - 研究報告, 第11号, 37-88
- 戸田忠雄, 1997, マツノザイセンチュウ抵抗性マツの育成, 松くい虫(マツ材線虫病) - 沿革と最近の研究 - 全国森林病虫獣害防除協会, 168-257
- 戸田忠雄, 1999, マツノザイセンチュウ抵抗性の向上に関する研究, 林木の育種, No192, 1-4
- 戸田忠雄・加藤一隆, 1999, 精英樹など育成品種の特性 - 西日本におけるマツノザイセンチュウ抵抗性品種 -, 林木の育種, No192, 35-41
- 渡辺敦史・白石 進・川瀬英治・戸田忠雄・那須 孝, 1996, DNA 分子マ - カ - によるアカクロマツのゲノム解析 - その雑種性の検証 -, 日林誌, 78, 293-30