林育研報 Bull. For. Tree. Bree. Lnst. No10, 1992 1～32

クロマツのマツバノタマバエ抵抗性育種に関する研究

寺 田 貴美雄(1)

Kimio TERADA: Developing Strains Resistance to the pine Needle Gall Midge (*Thecodiplosis japonensis UCHIDA et INOUYE*) *in Pinus Thunbergii PARL.*

要 旨：クロマツのマツバノタマバエに対する抵抗性育種を進める目的で，被害林分から無被害木あるいはそれに近い個体を抵抗性候補木として60本選抜した。これら抵抗性候補木のうち45本の被害状況を追跡調査した結果，36本は選抜後もマツバノタマバエ寄生率が低かった。また，抵抗性候補木のつぎ木クローンを被害地に植栽してクローン検定を行った。検定に供した53クローンのうち38クローンは寄生率が低かった。他は被害木クローンと同じく高い寄生率を示した。これら抵抗性候補木の被害調査結果およびクローンの検定結果から抵抗性候補木60個体のうち42個体は抵抗性であると判断された。抵抗性は抵抗性候補木の寄生率とそれらクローンの寄生率との間に高い相関関係が認められ，寄生率による選抜の有効性が裏付けられた。抵抗性候補木クローンおよび被害木クローン間の人工交配家系を被害地に植栽し次代検定を行った結果，寄生率0％の個体と81～100％の個体に分離し，その中間型個体の出現率は極めて少なかった。抵抗性個体の出現率は，両親が抵抗性の家系では73％，抵抗性×非抵抗性の家系では48％，両親が非抵抗性の家系では0％であった。この分離比から，抵抗性は優性の主働遺伝子により支配され，交配に用いた抵抗性候補木クローンはいずれもヘテロ接合体のものであると推定された。これらのことから，既に選抜されている抵抗性クローンで採種園を造成した場合，そこから生産される種苗の約75％が抵抗性のものであると期待できる。

I はじめに

マツバノタマバエ（*Thecodiplosis japonensis* UCHIDA et INOUYE）はアカマツ，クロマツなどマツ類の当年生針葉に虫えいを形成し，林木の成長を減退させる主要害虫である。本虫の被害は西日本では古くから見られ，1950年前後から1960年代にかけて長崎県[31]，島根県[10]，広島県[12]で激害が報告されている。そして，1960年代にはいってからは発生地域が北上して，長野県[14][15]，石川県[6]，新潟県[22]，山形県[11][18]，秋田県[21]で激害となり，1976年には北海道でも確認された。このようにマツバノタマバエ被害は日本全土に及び，その被害面積は1964年から1971年にかけて毎年4～5万haを記録した[16]。また，韓国でも古くから被害発生が認められ激しい被害が続いているという[1]。

マツバノタマバエの生態については，多数の報告[2][24][25][26]がありほぼ明らかにされている。本虫の幼虫は地中の浅いところで越冬する。その幼虫が地中で羽化して6～7月に成虫が出現し，マツの当年生針葉の2葉間に産卵する。卵からふ化した幼虫はすぐに針葉内に侵入し，晩秋から初冬にかけて地上に落下するまで寄生する。寄生をうけた針葉は虫えいが形成され，伸長が減退して短くなり，幼虫が脱出したあとは枯死する。このため被害木は樹勢が衰え，著しい場合には枯死にいたることもある。

被害発生に対しては，各地で薬剤散布による防除試験[5][7][13][19][37]が行われた。また，天敵寄生蜂の

(1) 林木育種センター東北育種場

放虫による防除も試みられた[8)9)]。しかし，1970年代の半ばに入って，西日本における本虫の被害発生が減少し，これらに関する研究がほとんど見あたらなくなった。一方，マツバノタマバエに対するマツの抵抗性については，マツ属の樹種間で顕著な差異が認められる報告[3)4)26)29)30)]だけでなく，寄生を受けやすい樹種であるアカマツの中にも抵抗性を示す個体があることが報告され[14)15)17)]，防除手段として抵抗性育種に大きな期待がよせられた。

東北林木育種場奥羽支場（以下「奥羽支場」とする）は，東北地方日本海沿岸のクロマツ海岸林の被害対策として本虫に対する抵抗性育種を進めるため，秋田営林局と秋田県，山形県の協力を得て，1971年から1980年にかけてマツバノタマバエ被害林分の中から60本の抵抗性候補木を選抜した[36)]。その後，これら候補木のつぎ木苗と人工交配家系苗を本虫の被害地に植栽して，自然産卵による被害状況を調査し，各候補木クローンの抵抗性および抵抗性の遺伝について検討を行ってきた。その一部はすでに報告した[32)33)34)]。また，造林種苗の種子生産に供されているアカマツ，クロマツ精英樹の抵抗性についても調査を行った。本報告は，これら一連の調査結果をとりまとめたものである。

本研究の計画と結果のとりまとめにあたり種々御指導をいただいた森林総合研究所生物機能開発部長三上進博士，および，被害調査などについて御教示いただいた元山形県立林業試験場経営環境部長斉藤諦氏に対し心から感謝の意を表する次第である。また，検定地の造成，管理，調査に多大な御援助をいただいた秋田県林業センター所長ならびに関係各位に対し厚くお礼を申し上げる。

Ⅱ　マツバノタマバエ抵抗性候補木の選抜と被害の追跡調査

1. 抵抗性候補木の選抜

1971～1980年にマツバノタマバエ激害林分から成長および針葉の着生状況などを観察して，クロマツ60個体を抵抗性候補木として選抜した。

Fig.1は，候補木選抜林分の位置，Table 1は，それら林分の所在地，植栽年，対象面積，選抜年，選抜本数を示したものである。秋田県1林分，山形県5林分で，いずれも海岸砂丘地に造成されたクロマツ単純林である。植栽本数はha当たり1万本となっている。各候補木の所在地，選抜時の樹齢および形状はTable 2に示すとおりで，樹齢は12～28年，周囲木50本の平均値との樹高比は1.59 (0.87～2.41)，胸高直径比は1.72 (1.23～2.47) であった（Photo. 1)。

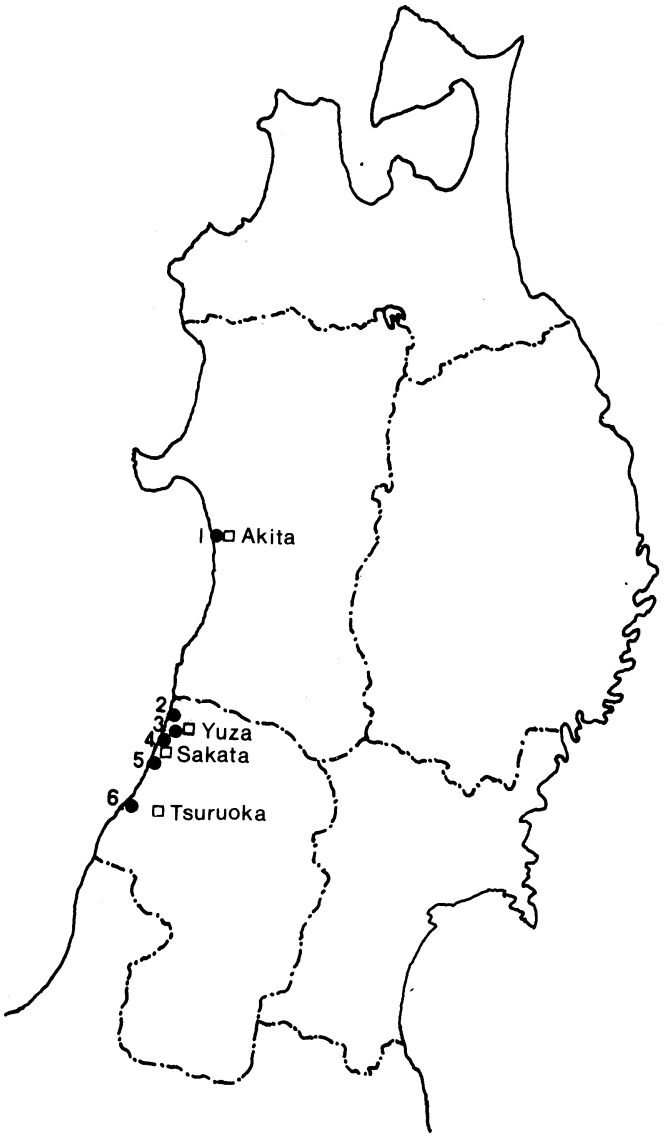


Fig. 1. 抵抗性候補木選抜林分の位置
Locations of six stands from which candidate trees were selected

Table 1. 抵抗性候補木選抜林分の所在地，植栽年，対象面積，選抜年，選抜本数
Locations of stands from which candidate trees were selected to *Thecodiplosis japonensis* and number of candidate trees

林分No. Stand number	所在地 Locations	植栽年 Years of afforestation	対象面積 Area (ha)	選抜年 Years of selection	選抜本数 Number of candidate trees
1	秋田県秋田市新屋町砂奴寄 Sanukiyori, Araya, Akita, Akita prefecture	1955～1963	80	1972～1980	29
2	山形県飽海郡遊佐町菅里 Sugasato, Yuza, Akumi, Yamagata prefecture	1959～1968	30	1973～1980	6
3	山形県飽海郡遊佐町茂森 Shigemori, Yuza, Akumi, Yamagata prefecture	1960	10	1971	6
4	山形県酒田市高砂 Takasago, Sakata, Yamagata prefecture	1953～1960	20	1971～1980	9
5	山形県酒田市宮野浦 Miyanoura, Sakata, Yamagata prefecture	1961～1962	22	1973	3
6	山形県鶴岡市湯野浜 Yunohama, Tsuruoka, Yamagata prefecture	1959～1967	9	1973～1980	7

Table 2. マツバノタマバエ抵抗性候補木（クロマツ）の所在地と形状
Location and tree form of candidate trees to *Thecodiplosis japonensis*

名称 Name of candidate trees	選抜年 Years of selection	所在地 Locations	樹齢 Tree age	樹高 Height (m)	胸高直径 D.B.H (cm)	周囲木50本の平均値との比 Rate in compairison with average of 50 neighboring trees Height	D. B. H.
耐虫東奥育1号 Taichuu-toouiku	1971	飽海郡遊佐町茂森 Yuza, Yamagata prefecture	12	7.0	10.5	1.63	1.84
〃 2号	1971	〃 〃	12	6.0	7.0	1.25	1.23
〃 3号	1971	〃 〃	12	7.0	11.0	1.35	1.69
〃 4号	1971	〃 〃	12	7.0	10.0	1.46	1.69
〃 5号	1971	〃 〃	12	7.0	10.5	1.46	1.75
〃 6号	1971	〃 〃	12	8.0	13.5	1.40	1.71
〃 7号	1971	酒田市高砂，高砂国有林137ろ Sakata, Yamagata prefecture	14	8.0	12.5	1.45	1.62
〃 8号	1971	〃 〃	14	7.0	9.5	1.21	1.27
〃 9号	1971	〃 〃	14	8.0	12.0	1.43	1.60
〃 10号	1971	〃 〃	14	8.0	13.5	1.38	1.65
〃 11号	1972	秋田市新屋町砂奴寄 Akita, Akita prefecture	12	5.0	8.5	1.72	1.60
〃 12号	1972	〃 〃	12	4.0	6.0	1.54	1.36
〃 13号	1972	〃 〃	12	5.0	7.5	1.72	1.56
〃 14号	1972	〃 〃	12	5.0	6.5	1.79	1.41
〃 15号	1972	〃 〃	12	5.0	7.0	1.67	1.37
〃 16号	1972	〃 〃	12	5.0	8.0	1.72	1.67
〃 17号	1972	〃 〃	12	5.0	7.0	1.79	1.49
〃 18号	1972	〃 〃	12	5.0	8.0	1.67	1.67
〃 19号	1972	〃 〃	12	5.0	7.5	1.72	1.53
〃 20号	1972	〃 〃	12	5.0	8.0	1.67	1.60
〃 21号	1973	〃 〃	16	4.5	7.0	1.18	1.49
〃 22号	1973	〃 〃	15	5.0	7.0	1.25	1.56
〃 23号	1973	〃 〃	15	5.0	8.0	1.39	1.90

Table 2. つづき

名称 Name of candidate trees	選抜年 Years of selection	所在地 Locations	樹齢 Tree age	樹高 Height (m)	胸高直径 D.B.H (cm)	周囲木50本の平均値との比 Rate in compairison with average of 50 neighboring trees Height	D. B. H.
耐虫東奥育 24号 Taichuu-toouiku	1973	秋田市新屋町砂奴寄 Akita, Akita prefecture	14	4.5	6.0	1.22	1.33
〃 25号	1973	〃 〃	14	4.5	7.0	1.29	1.46
〃 26号	1973	飽海郡遊佐町，十里塚国有林142ろ Yuza, Yamagata prefecture	12	4.6	9.0	-	-
〃 27号	1973	〃 〃	15	5.8	10.0	-	-
〃 28号	1973	〃 〃	12	5.6	9.0	-	-
〃 29号	1973	酒田市宮野浦，袖岡国有林135ぬ Sakata, Yamagata prefecture	13	4.4	8.0	-	-
〃 30号	1973	〃 〃	13	3.3	6.0	-	-
〃 31号	1973	〃 〃	13	3.2	5.0	-	-
〃 32号	1973	鶴岡市湯野浜，浜泉国有林194ろ Tsuruoka, Yamagata prefecture	15	7.0	12.0	1.37	1.71
〃 33号	1973	〃 〃	15	6.0	12.0	1.18	1.71
〃 34号	1975	秋田市新屋町砂奴寄 Akita, Akita prefecture	18	8.5	10.0	1.93	1.85
〃 35号	1975	〃 〃	18	8.0	10.5	1.70	1.81
〃 36号	1975	〃 〃	18	7.0	11.0	1.25	1.90
〃 37号	1975	〃 〃	18	7.0	12.5	1.71	2.23
〃 38号	1980	〃 〃	19	5.0	13.0	1.56	2.32
〃 39号	1980	〃 〃	19	5.5	12.0	1.72	2.00
〃 40号	1980	〃 〃	19	8.0	13.0	1.45	1.60
〃 41号	1980	〃 〃	19	10.0	16.5	1.92	1.96
〃 42号	1980	〃 〃	19	7.0	14.0	1.71	1.82
〃 43号	1980	〃 〃	19	9.0	14.5	1.96	1.71
〃 44号	1980	〃 〃	19	5.0	13.0	1.47	1.88
〃 45号	1980	〃 〃	19	9.0	15.0	1.80	1.70
〃 46号	1980	〃 〃	19	6.0	12.0	1.40	1.62
〃 47号	1980	〃 〃	19	6.0	10.5	1.30	1.38
〃 48号	1980	飽海郡遊佐町，十里塚国有林141た Yuza, Yamagata prefecture	14	7.0	11.0	1.89	1.90
〃 49号	1980	〃 〃	14	6.0	9.0	1.67	1.70
〃 50号	1980	〃 〃 141る	13	3.0	5.0	1.88	2.17
〃 51号	1980	酒田市高砂，高砂国有林137ろ Sakata, Yamagata prefecture	28	13.0	20.0	2.41	2.47
〃 52号	1980	〃 〃	26	7.0	15.5	1.71	1.82
〃 53号	1980	〃 〃	26	6.5	17.0	1.55	2.02
〃 54号	1980	〃 〃 137は	26	6.0	12.5	2.22	1.87
〃 55号	1980	〃 〃	26	5.0	11.0	2.08	1.86
〃 56号	1980	鶴岡市湯野浜，浜泉国有林194ほ Tsuruoka, Yamagata prefecture	14	8.0	12.0	1.90	2.07
〃 57号	1980	〃 〃	14	6.0	9.0	1.58	1.64
〃 58号	1980	〃 〃	14	7.5	10.0	1.56	1.67
〃 59号	1980	〃 〃	14	6.0	14.0	0.87	1.46
〃 60号	1980	〃 〃	14	6.0	10.0	1.94	2.04

Photo. 1. 抵抗性候補木選抜林分
State of one of the stands in which candidate tree were selected.
周囲木に対する樹高比1.71，胸高直径比2.23
This candidate tree is 1.7 times in hight and 2.2 times in D.B.H.,
Compaired with neighboring trees

2. 抵抗性候補木の被害追跡調査

1) 調 査 方 法

候補木の選抜時にはマツバノタマバエの被害状況は把握されていなかったので，1980～1981年にかけて被害調査を行った。調査個体は候補木60本のうちの45本と，対照として候補木の周囲から選ばれた被害木18本である。被害木は秋田市新屋町砂奴寄に所在する耐虫東奥育（以下「耐虫」とする）13～16号の周囲から13本，酒田市高砂に所在する耐虫７～10号の周囲から５本選ばれたものである。

針葉の被害調査試料は，候補木および被害木ごとに樹冠全体から当年生枝８本を採取した(Photo.2)。当年生枝の採取は10月に行った。採取した当年生枝は持ち帰って直ちに冷蔵庫に保存し調査に供した。

被害針葉の調査は，採取した当年生枝の全針葉をもぎ取り２本１対の針葉を離して，その内側を肉眼および実体顕微鏡で観察し，Table 3に示す方法にしたがって健全針葉，傷痕針葉，虫えい形成針葉に区分した（Photo.3）。これらの区分にもとづきTable 4に示す方法で，各調査個体の産卵率，寄生率を求めた。

Table 3. マツバノタマバエ被害区分
Type of damage by *Thecodiplosis japonensis*

区　分 Type of damage	被　害　症　状 Condition of damage
健全針葉 Sound needle	下記の症状が認められないもの Needle without both scar and gall
傷痕針葉 Scarred needle	針葉基部に幼虫の侵入傷痕は認められるが，幼虫寄生がないもの Needle with scar but without gall
虫えい形成針葉 Galled needle	虫えいが形成され，幼虫が寄生しているもの Needle with both scar and gall

Table 4. 産卵率および寄生率の算出方法
Calculation methods of oviposition percentage and parasitism percentage.

名　称 Items	算　出　方　法 Calculation method
産卵針葉数 Number of needles with eggs	傷痕針葉数＋虫えい形成針葉数 No. of Scarred needles＋No. of galled needles
産　卵　率 Oviposition Percentage	(産卵針葉数／全針葉数) ×100 (No. of needles with eggs／Total no. of needles) ×100
寄　生　率 Parasitism Percentage	(虫えい形成針葉数／産卵針葉数) ×100 (No. of galled needles／No. of needles with eggs) ×100

Photo. 2. クロマツの当年生枝
Current shoots of Japanese black pine
A;虫えい形成針葉が多い枝,
B;健全針葉の枝
A;Damaged shoot with many galled needles
B;Sound shoot

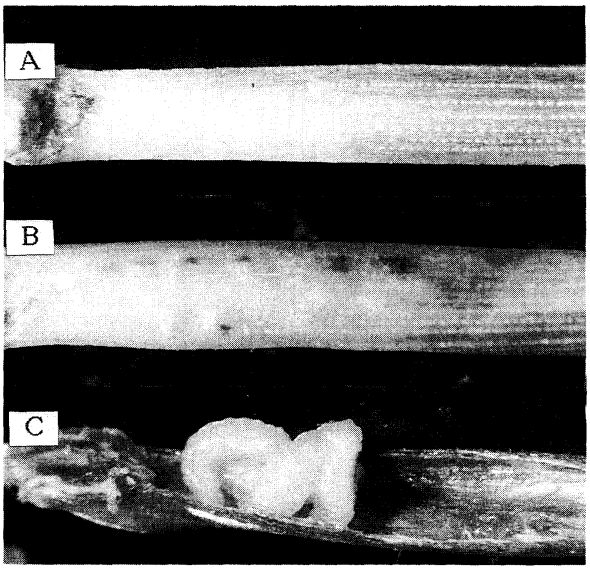


Photo. 3. 針葉のマツバノタマバエ被害区分
Type of damage by *Thecodiplosis japonensis*
A;健全針葉, B;傷痕針葉, C;虫えい形成針葉
A;Sound needle, B;Scarred needle,
C;Galled needle

2) 結　果

抵抗性候補木の針葉の被害状況調査結果をTable 5に示した。1980年に調査した22個体（耐虫1～37号）の産卵率は11.1％（0.6～54.0％），1981年に調査した23個体（耐虫38～60号）の産卵率は12.0％（3.2～43.6％）であった。両調査年ともほぼ同じ分布を示し，45個体のうち39個体は産卵率が20％以下で，平均7.5％であった。

寄生率は1980年が14.4％（0～95.2％），1981年が6.1％（0～69.8％）で，両調査年ともばらつき幅は大きいが，寄生率0％が22個体，1～10％が14個体で，45個体のうち36個体は低い寄生率であった。

Table 5. 抵抗性候補木の針葉調査結果
Result of needle inspection on candidate trees

名称 Name of candidate trees	樹齢 Tree age	針葉本数 Number of needles			産卵率 Oviposition percentage (%)	寄生率 Parasitism percentage (%)
		健全 Sound	傷痕 Scarred	虫えい形成 Galled		
耐虫東奥育 1号 Taichuu-toouiku	21	974	86	9	8.9	9.5
〃 7号	23	677	3	1	0.6	25.0
〃 8号	23	860	96	1	10.1	1.0
〃 9号	23	1014	75	14	8.1	15.7
〃 10号	23	906	37	0	3.9	0
〃 11号	20	1071	62	0	5.5	0
〃 13号	20	890	82	0	8.4	0
〃 14号	20	627	39	0	5.9	0
〃 15号	20	610	81	0	11.7	0
〃 16号	20	730	7	0	0.9	0
〃 22号	22	767	14	0	1.8	0
〃 23号	22	1082	89	0	7.6	0
〃 24号	21	482	27	541	54.0	95.2
〃 25号	21	1192	914	0	43.4	0
〃 26号	19	2210	7	46	2.3	86.8
〃 28号	19	1247	28	0	2.2	0
〃 32号	22	977	71	66	12.3	48.2
〃 33号	22	605	193	87	31.6	31.1
〃 34号	23	575	43	0	7.0	0
〃 35号	23	820	40	0	4.7	0
〃 36号	23	1197	41	2	3.5	4.7
〃 37号	23	848	85	0	9.1	0
〃 38号	20	875	155	0	15.0	0
〃 39号	20	924	224	0	19.2	0
〃 40号	20	1222	104	4	8.1	3.7
〃 41号	20	477	365	3	43.6	0.8
〃 42号	20	677	98	7	13.4	6.7
〃 43号	20	1075	60	0	5.3	0
〃 44号	20	917	75	173	21.3	69.8
〃 45号	20	675	55	0	7.5	0
〃 46号	20	1304	91	4	6.8	4.2
〃 47号	20	768	110	0	12.5	0
〃 48号	15	837	42	1	4.9	2.3
〃 49号	15	1197	81	10	7.1	11.0
〃 50号	14	983	104	0	9.6	0
〃 51号	29	862	53	2	6.0	3.6
〃 52号	27	745	87	0	10.5	0
〃 53号	27	779	46	5	6.1	9.8
〃 54号	27	815	364	12	31.6	3.2
〃 55号	27	1905	297	0	13.5	0
〃 56号	15	1479	74	6	5.1	7.5
〃 57号	15	1211	99	15	8.6	13.2
〃 58号	15	990	89	1	8.3	1.1
〃 59号	15	1290	41	1	3.2	2.4
〃 60号	15	871	77	0	8.1	0

Table 6.　被害木の針葉調査結果
Result of needle inspection on damaged trees

名称 Name of damaged trees	樹齢 Tree age	針葉本数 Number of needles 健全 Sound	傷痕 Scarred	虫えい形成 Galled	産卵率 Oviposition percentage (%)	寄生率 Parasitism percentage (%)
被害木 1号 Damaged tree	20	740	1	934	55.8	99.9
〃 2号	20	251	0	606	70.7	100.0
〃 3号	20	335	13	655	66.6	98.1
〃 4号	20	89	0	119	57.2	100.0
〃 10号	20	91	14	595	87.0	97.7
〃 11号	20	258	22	270	53.1	92.5
〃 12号	20	365	42	536	61.3	92.7
〃 13号	20	743	273	1	26.9	0.4
〃 14号	20	129	9	745	85.4	98.8
〃 15号	20	327	1	709	68.5	99.9
〃 16号	20	105	1	1024	90.7	99.9
〃 17号	20	256	0	1077	80.8	100.0
〃 18号	20	385	5	201	34.9	97.6
〃 19号	23	1003	28	180	17.2	86.5
〃 20号	23	858	57	172	21.1	75.1
〃 21号	23	1148	1	302	20.1	99.7
〃 22号	23	854	14	383	31.7	96.5
〃 23号	23	773	2	115	13.1	98.3

Table 6は,1980年に抵抗性候補木周辺の被害木について行った針葉の被害状況調査の結果を示したものである。被害木1～18号の13個体は耐虫13～16号の周囲木である。両者の比較では，被害木の産卵率が64.5%（26.9～90.7%），候補木4個体の産卵率が6.7%（0.9～11.7%），被害木の寄生率は0.4%が1個体で他の12個体は98.1%（92.5～100%），候補木の寄生率は4個体が0%であった。また，被害木19～23号の5個体と耐虫7～10号の比較では，被害木の産卵率が20.6%（13.1～31.7%），候補木4個体の産卵率が5.7%（0.6～10.1%），被害木の寄生率が91.2%（75.1～99.7%），候補木4個体の寄生率が10.4%（0～25.0%）であった。このように被害木と候補木では2箇所とも産卵率，寄生率に大きな差異が認められた。

Ⅲ　抵抗性候補木クローンの抵抗性検定

1. 材料と方法

候補木のつぎ木クローンを奥羽支場で養成し，その3年生苗を秋田市新屋町字砂奴寄のクロマツ海岸林の中に植栽して検定地とした。

この場所はマツバノタマバエおよびつちくらげ病[23]の被害木を整理伐採した跡地で，幅20～60m，長さ約200mのほぼ平坦な砂丘地である。周囲は林齢7～26年生のクロマツ林になっている(Photo. 4)。1982年4月，その伐採跡地に候補木34クローンと被害木2クローンを植栽した（1号検定地)。1号検定地は，1クローン当たり1ブロックに4本ずつ列状に植栽し，6ブロックを設けた。植栽間隔は1m×1mとした。その後，1号検定地が道路予定地になったためこれを廃止し，1985年3月に，1号検定地からの移植木と，別に養成したつぎ木クローンとをあわせた候補木56クローン，被害木3クローンを同じ場所の道路予定地外に植栽した（2号検定地)。2号検定地は，1クローン当たり1ブロックに10本ず

つ列状に植栽し，5ブロックを設けた。植栽間隔は1m×0.8mとした。供試苗木は，1号検定地から移植したつぎ木6年生と奥羽支場で養成したつぎ木3年生である。1号および2号検定地のブロック配置は，Fig.2に示すとおりである。1クローン当たりの苗木数は1号検定地が1～24本，2号検定地が1～50本と不揃いであったため，苗木数が不足したクローンは若いブロック順に配置して他のブロックは欠株とした。

Photo.4.　検定地の全景
State of test site
左側：実生苗検定地,　　右側：クローン検定地
Left side:progeny test site,
Right side:clone test site

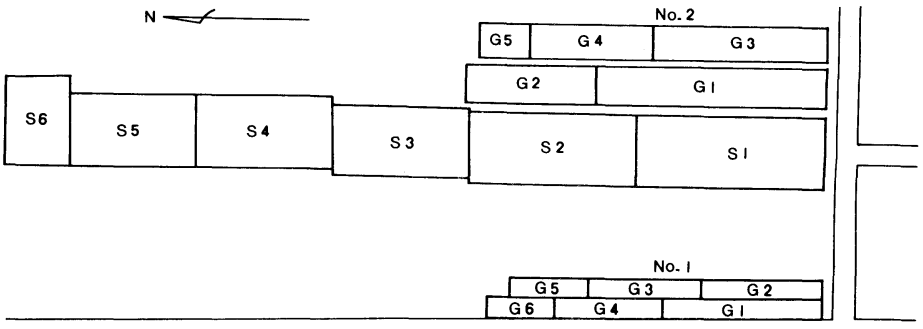


Fig.2. 検定地のブロック配置
Arrangement of blocks in test site
G:クローン検定（つぎ木）　Clone test (graft),
S:次代検定（実生苗）　　Progeny test (seedling)

マツバノタマバエ被害状況の調査は，1号検定地では植栽3年後の1984年9月に，2号検定地では植栽4年後の1988年10月と5年後の1989年9月に行った。各調査年とも1個体当たり短針葉が多いと観察される当年生枝を1本ずつ採取して行った。ただし，生育不良な個体は調査木から除外した。各調査年のクローン別調査個体数はTable 7に示すとおりである。なお，被害木クローンの被害木1，2号はTable 6に示した被害木と同一のものであり，被害木6号は奥羽支場内に植栽されている一般のクロマツ個体である。

供試木に対するマツバノタマバエの産卵は自然状態にまかせた。

被害針葉の調査方法は，Ⅱ・2・1）の調査方法に準じた。

Table 7. クローン検定に供した個体数
Number of ramets used for clone-test in each year

クローン Name of clone	年 Years 1984	1988	1989	クローン Name of clone	年 Years 1984	1988	1989
耐虫東奥育1号 Taichuu-toouiku	-	17	11	耐虫東奥育30号 Taichuu-toouiku	-	31	20
〃 2号	-	9	7	〃 31号	-	8	4
〃 3号	-	11	8	〃 32号	-	21	23
〃 4号	-	19	17	〃 33号	-	33	29
〃 5号	-	19	3	〃 35号	3	-	-
〃 6号	-	6	-	〃 36号	-	1	-
〃 7号	3	20	17	〃 37号	3	2	2
〃 8号	3	6	5	〃 38号	16	7	4
〃 9号	8	26	19	〃 39号	16	4	4
〃 10号	5	13	9	〃 40号	4	-	-
〃 11号	9	26	21	〃 41号	5	-	-
〃 12号	-	26	24	〃 42号	8	2	-
〃 13号	4	27	22	〃 44号	5	-	-
〃 14号	-	16	17	〃 45号	8	2	1
〃 15号	-	14	14	〃 46号	3	-	-
〃 16号	-	1	-	〃 48号	6	-	-
〃 17号	-	32	32	〃 49号	10	-	-
〃 18号	-	32	27	〃 50号	4	-	-
〃 19号	-	27	26	〃 52号	2	-	-
〃 20号	-	20	18	〃 54号	8	-	-
〃 21号	-	30	30	〃 56号	10	2	-
〃 22号	2	13	8	〃 57号	8	-	-
〃 23号	6	31	28	〃 58号	4	-	-
〃 24号	4	20	16	〃 60号	6	-	-
〃 25号	2	27	24	被害木 1号 Damaged tree	1	-	-
〃 26号	-	12	10	〃 2号	4	-	1
〃 27号	-	20	13	〃 6号	-	13	12
〃 28号	-	7	6				
〃 29号	-	21	12				

2. 結　果

1号検定地供試木の生育状況は針葉の被害調査を行った植栽3年後の生存率が52.2%，生存木の平均樹高が53.8cm，植栽後の年平均伸長量が2.0cmであった。2号検定地供試木の生育状況は針葉の被害調査を行った植栽5年後の生存率が63.4%，生存木の平均樹高が75.2cm，植栽後の年平均伸長量が5.4cmであった。

調査年ごとのクローン検定地の産卵率および寄生率はブロックによって違いがあったが，産卵率は1984年が34.1%（25.8～40.0%），1988年が21.9%（12.4～28.6%），1989年が10.9%（7.0～15.4%）であった。寄生率は1984年が11.8%（7.4～15.7%），1988年が38.1%（28.2～48.9%），1989年が25.9%（12.9～33.9%）であった。

各ブロックの調査クローン数は，クローン当たりの植栽本数がまちまちであったことと植栽後の枯損などから不揃いで，全ブロックを満たしているクローンは少ない。その中で比較的調査個体数が揃っている耐虫7号など13クローンのプロット平均産卵率およびプロット平均寄生率を角変換して分散分析を行った。その結果をTable 8およびTable 9に示した。産卵率，寄生率とも1988年と1989年の年次間およびクローン間にそれぞれ有意性が認められた。ただし，年次とクローンの交互作用には有意性は認められなかった。

Table 8.　抵抗性候補木13クローンにおける産卵率（角変換）の分散分析
Analysis of variance of oviposition percentage (arcsin$\sqrt{\%}$)
in 13 clones of candidate trees

要　因 Factor	自由度 D.F.	平方和 S.S.	平均平方 M.S.	分散比 F
年 Year	1	4417.56	4417.5615	167.4448**
クローン Clone	12	2385.80	198.8167	4.1255*
年×クローン Year×Clone	12	578.31	48.1922	1.8267
誤　差 Error	78	2057.81	26.3822	
合　計 Total	103	9439.48		

＊＊：1%水準で有意　Significant at 1% level
＊：5%水準で有意　Significant at 5% level

Table 9. 抵抗性候補木13クローンにおける寄生率（角変換）の分散分析
Analysis of variance of parasitism percentage (arcsin$\sqrt{\%}$)
in 13 clones of candidate trees

要因 Factor	自由度 D.F.	平方和 S.S.	平均平方 M.S.	分散比 F
年 Year	1	6920.17	6920.1704	53.2083**
クローン Clone	12	97376.61	8114.7175	62.3930**
年×クローン Year×Clone	12	1163.82	96.9849	0.7457
誤差 Error	78	10144.54	130.0582	
合計 Total	103	115605.14		

＊＊：1％水準で有意　Significant at 1% level

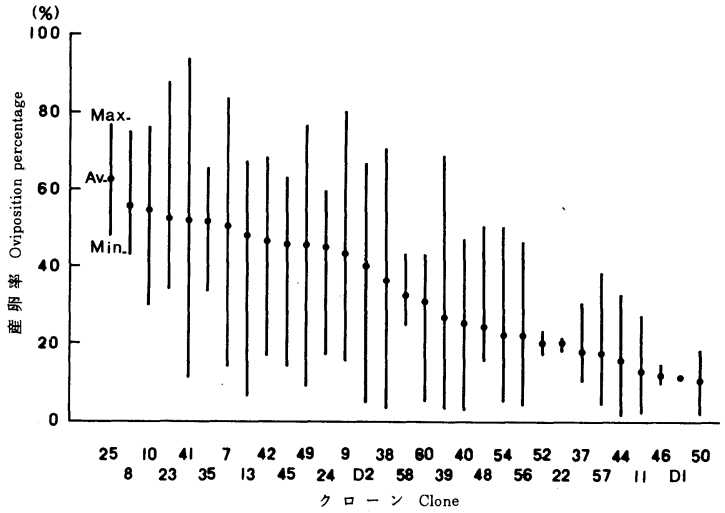


Fig.3. 1984年のクローン別平均産卵率と分布範囲
Average and range of oviposition percentage
in each clone test in 1984
D:被害木　Damaged tree

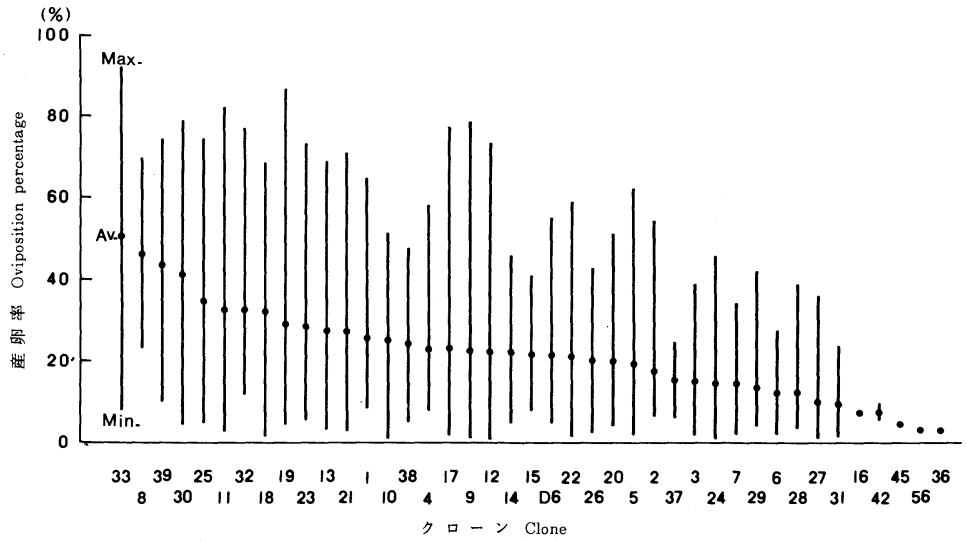


Fig. 4.　1988年のクローン別平均産卵率と分布範囲
Average and range of oviposition percentage
in each clone test in 1988
D: 被害木　Damaged tree

Fig. 3は1984年調査クローン，Fig.4は1988年調査クローンについて，それぞれブロックをこみにしたクローン別平均産卵率と最高，最低を示したものである。1984年に調査した各クローンの平均値は10.0～62.5%，1988年は2.9～50.3%であった。また，図には示さなかったが，1989年の調査では2.5～22.5%であった。各調査年とも調査個体数が極端に少ないクローンは平均産卵率が低く，最高値，最低値の幅も小さい。それら以外のクローンでは最高・最低幅が大きく，同一クローンが植栽されている1列でも0～50%以上の個体まである場合があり，産卵率は環境などによる影響が大きいとみられる。また，各候補木の調査結果から得られた産卵率（Table 5）との相関をみても，1984年は相関係数 r =0.237，1988年は r =0.318，1989年は r =0.115といずれも有意性は認められず，各候補木が示した産卵率とそれら候補木クローンの産卵率とは関連しなかった。これらのことから産卵については抵抗性因子としてとらえにくい形質であると思われる。

Fig. 5は，1984年，1988年，1989年の3年間調査した中で2～3回調査された39クローンについて，ブロックをこみにした調査年別寄生率を示したものである。被害木2，6号は，2年間とも全調査個体に虫えい形成針葉があり，その寄生率が90%以上であった（Photo.5）。これに対して，候補木の中の耐虫10・11・14・27・28・31・37・38・39・42・45号の11クローンは，各調査年とも寄生率が0%で高い抵抗性を示した（Photo.6）。耐虫7・8・9・12・13・15・17・18・19・20・21・22・23・25・56号の15クローンは年によって虫えい形成はみられるが，いずれも寄生率が低いクローンであった。しかし，耐虫1・2・3・4・5・24・26・29・30・32・33号の11クローンは寄生率60.7～100%を示し，被害木クローンの寄生率に近いものであった。このように年によって寄生率に若干の違いはみられるが，寄生率が高いクローンと低いクローンは容易に区別できた。

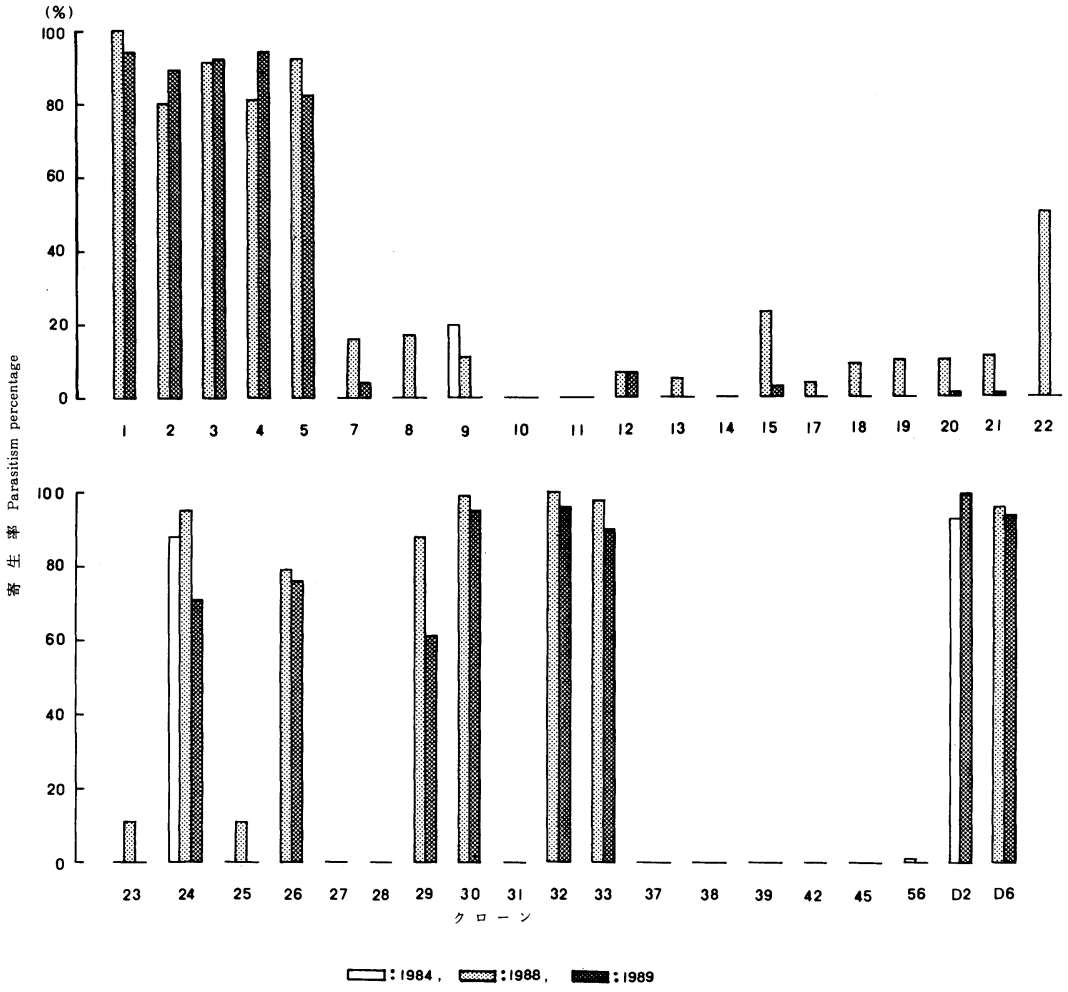


Fig.5. 2〜3回調査したクローンの年別寄生率
Parasitism percentage of clones inspected
two or three times in clone test
D:被害木　Damaged tree

このことから，1回しか調査されなかったクローンについても寄生率の検討を行った。Fig. 6はその結果であり，耐虫16•35•36•41•46•48•50•52•54•57•58•60号の12クローンの寄生率はいずれも0％または1％前後であったので，上記の例から，抵抗性クローンとみられる。これに対して耐虫6•40•44•49号の4クローンの寄生率は50.8〜94.3%であり，非抵抗性クローンであった。

Photo. 5. 非抵抗性クローンのつぎ木個体
Graft of non-resistant clone
当年生枝に虫えい形成針葉が多数ある
Current shoots have many galled needles

Photo. 6. 抵抗性クローンのつぎ木個体
Graft of resistant clone

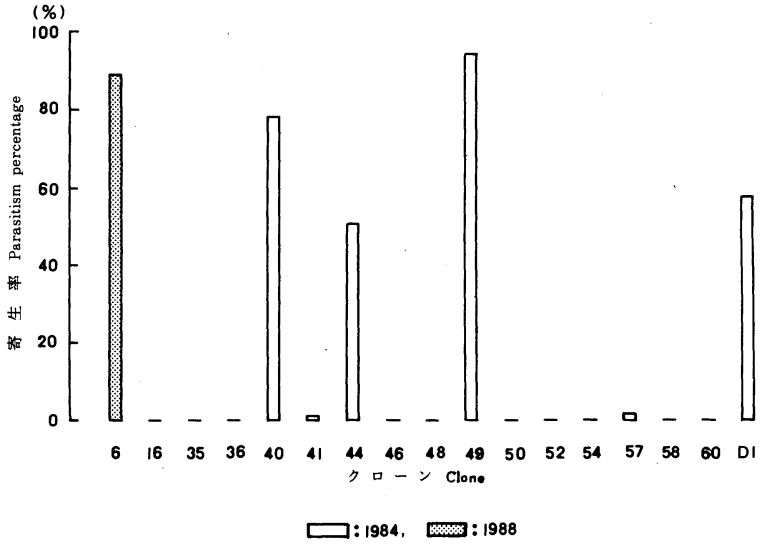


Fig. 6. 1回調査したクローンの寄生率
Parasitism percentage of clones inspected
one time in clone test
D:被害木　Damaged tree

Ⅱ•2•2）において各候補木が示した寄生率とそれらクローン検定における寄生率とを対比して示したのがTable 10である。候補木の寄生率が0％であった耐虫10•11号などの21個体はクローン検定においても寄生率が0％か，虫えい形成があっても寄生率が低く，すべて抵抗性とみなされるものであった。候補木の寄生率が1～30%であった耐虫1・7号などの12個体は抵抗性とみなされるもの9個体と非抵抗性3個体，候補木の寄生率が31%以上であった耐虫24•26号などの5個体はすべてが非抵抗性のものであった。このように候補木の寄生率とそれらクローンの寄生率とは高い関連性が認められる。

これらの結果から，候補木60個体のうちクローン検定において寄生率が0％あるいは低いものであった38個体と，クローン検定には供試されなかったが候補木の寄生率が0％であった耐虫34•43•47•55号の4個体，計42個体が抵抗性と判断される。

Table 10.　抵抗性候補木とそのクローンの寄生率
Parasitism percentage of candidate trees and their clones (%)

名称 Name of candidate trees	寄生率(%) Parasitism percentage				名称 Name of candidate trees	寄生率(%) Parasitism percentage			
	候補木 Candidate trees	クローン Clone				候補木 Candidate trees	クローン Clone		
		1984	1988	1989			1984	1988	1989
耐虫東奥育1号 Taichuu-toouiku	9.5	-	100	93.9	耐虫東奥育33号 Taichuu-toouiku	31.1	-	97.7	89.6
〃 2号	-	-	80.3	88.9	〃 34号	0	-	-	-
〃 3号	-	-	91.3	91.9	〃 35号	0	0	-	-
〃 4号	-	-	81.4	94.2	〃 36号	4.7	-	0	-
〃 5号	-	-	92.2	91.8	〃 37号	0	0	0	0
〃 6号	-	-	88.9	-	〃 38号	0	0	0	0
〃 7号	25.0	0	16.3	4.3	〃 39号	0	0	0	0
〃 8号	1.0	0	17.0	0	〃 40号	3.7	77.9	-	-
〃 9号	15.7	19.5	12.0	0	〃 41号	0.8	0.5	-	-
〃 10号	0	0	0	0	〃 42号	6.7	0	0	-
〃 11号	0	0	0.1	0	〃 43号	0	-	-	-
〃 12号	-	-	7.0	6.7	〃 44号	69.8	50.8	-	-
〃 13号	0	0	4.9	0	〃 45号	0	0	0	0
〃 14号	0	-	0.5	0	〃 46号	4.2	0	-	-
〃 15号	0	-	23.0	1.1	〃 47号	0	-	-	-
〃 16号	0	-	0	-	〃 48号	2.3	0	-	-
〃 17号	-	-	4.3	0	〃 49号	11.0	94.3	-	-
〃 18号	-	-	9.0	1.4	〃 50号	0	0	-	-
〃 19号	-	-	9.8	0	〃 51号	3.6	-	-	-
〃 20号	-	-	10.4	0.8	〃 52号	0	0	-	-
〃 21号	-	0	10.9	0.9	〃 53号	9.8	-	-	-
〃 22号	0	0	49.7	0	〃 54号	3.2	0	-	-
〃 23号	0	87.8	11.1	0	〃 55号	0	-	-	-
〃 24号	95.2	0	94.6	71.4	〃 56号	7.5	0.6	0	-
〃 25号	0	-	11.2	0	〃 57号	13.2	1.9	-	-
〃 26号	86.8	-	79.4	76.2	〃 58号	1.1	0	-	-
〃 27号	-	-	0	0	〃 59号	2.4	-	-	-
〃 28号	0	-	0	0	〃 60号	0	0	-	-
〃 29号	-	-	88.4	60.7	被害木 1号 Damaged tree	99.6	58.3	-	-
〃 30号	-	-	98.7	94.7	〃 2号	100	93.0	-	-
〃 31号	-	-	0	0	〃 6号	-	-	95.7	94.3
〃 32号	48.2		99.8	95.7					

Ⅳ　抵抗性候補木の人工交配家系における抵抗性の遺伝

1. 材料と方法

1985年3月に，クローン検定地に隣接させて次代検定地を設けた。

供試材料は，1981年に両親が候補木，候補木×被害木，両親が被害木である交配組合せの人工交配を実行し，1982年に種子採取した32家系，被害林分の被害木から種子採取した自然交配5家系，計37家系である。各家系を1ブロックに20本ずつ列状に植栽し，6ブロックを設けた（Fig.2）。ただし，6ブロック目は両親が候補木である家系のみ20～50本ずつ植栽したものである。また，1～5ブロックにおいても1家系当たりの苗木数が4～100本と不揃いであったため，苗木数が不足した家系は若いブロック順に配置して他のブロックは欠株とした。供試苗木は奥羽支場苗畑でまき付け養苗した3年生苗を使用した。

マツバノタマバエ被害状況の調査は，植栽4年後の1988年10月と5年後の1989年9月に行った。各調査年とも1個体当たり短針葉が多いと観察される当年生枝を1本ずつ採取して行った。ただし，生育不良な個体は調査木から除外した。家系別調査個体数はTable 11に示すとおりである。なお，交配親に用いた被害木はTable 6に示した被害木と同一のものである。

供試木に対するマツバノタマバエの産卵は自然状態にまかせた。被害針葉の調査方法は，Ⅱ・2・1）の調査方法に準じた。

2. 結　果

供試木の生育状況は2回目の被害調査を行った植栽5年後の生存率が73%，生存木の平均樹高が75cm，植栽後の年平均伸長量が約10cmであった。

調査年ごとのブロック別寄生率は，1988年の1～5ブロックでは47.3%（41.2～53.0%），1989年の1～5ブロックでは44.6%（40.8～49.0%）で，抵抗性候補木相互の交配家系のみを植栽した6ブロックは1988年が25.3%，1989年が22.3%で，いずれも調査年やブロック間による違いは小さかった。

Table 11に示した交配組合せについては，交配親とした耐虫8・11・13・14・16・17・18・27号の8クローンはクローンの検定結果（Fig.5,6）において寄生率が0%あるいは極めて低く抵抗性クローンと推定されるものであり，耐虫1・24・26・32・33号および被害木1・2・6号の8クローンは寄生率が高く非抵抗性クローンである。したがって，それらの各交配家系は両親が抵抗性の組合せ，抵抗性×非抵抗性の組合せ，両親が非抵抗性の組合せの3つに区分される。

Fig.7は，寄生率を0%，1～20%，21～40%，41～60%，61～80%，81～100%の6階級に区分して，各家系におけるそれぞれの個体出現率を示したものである。自家受粉を含め両親が抵抗性の交配組合せ家系であるNo. 1・2・3・7・9・13・14・15・23・25・26・27・30の13家系では，寄生率0%の出現率は，1988年が65.8%，1989年が71.6%，寄生率81～100%の出現率は，1988年が22.3%，1989年が23.3%で，調査個体の約90%は高い抵抗性を示すものと非抵抗性のものとに分離し（Photo.7,8），寄生率が1～80%，すなわち傷痕針葉と虫えい形成針葉が混じる中間型の個体は極めて少なかった。また，抵抗性×非抵抗性の交配組合せ家系であるNo.4・5・6・10・11・12・16・17・18・19・22・28・29・31・32の15家系においても，調査個体の87

Table 11. 家系別調査個体数

Number of trees used for progeny test in each family

No.	家系 Families 交配組合せ Cross combination ♀×♂	年 Years 1988	1989
1	耐虫東奥育11号×耐虫東奥育11号 Taichuu-toouiku Taichuu-toouiku	94	93
2	〃 11号× 〃 14号	80	81
3	〃 11号× 〃 17号	51	53
4	〃 11号×被害木 6号 Damaged tree	63	62
5	〃 11号× 〃 1号	15	10
6	〃 11号× 〃 2号	30	29
7	〃 14号×耐虫東奥育11号 Taichuu-toouiku	69	69
8	〃 14号× 〃 14号	0	0
9	〃 14号× 〃 17号	84	83
10	〃 14号×被害木 6号 Damaged tree	59	62
11	〃 14号× 〃 1号	12	11
12	〃 14号× 〃 2号	26	41
13	〃 17号×耐虫東奥育11号 Taichuu-toouiku	103	96
14	〃 17号× 〃 14号	79	83
15	〃 17号× 〃 17号	68	70
16	〃 17号×被害木 6号 Damaged tree	59	66
17	〃 17号× 〃 1号	76	72
18	〃 17号× 〃 2号	58	59
19	被害木 6号×耐虫東奥育14号 Damaged tree Taichuu-toouiku	24	24
20	〃 6号×被害木 6号 Damaged tree	4	4
21	〃 6号× 〃 2号	16	16
22	耐虫東奥育 1号×耐虫東奥育11号 Taichuu-toouiku Taichuu-toouiku	8	8
23	〃 8号× 〃 11号	23	20
24	〃 9号× 〃 11号	0	0
25	〃 13号× 〃 14号	13	14
26	〃 16号× 〃 14号	87	63
27	〃 18号× 〃 14号	10	11
28	〃 24号× 〃 14号	33	31
29	〃 26号× 〃 17号	28	23
30	〃 27号× 〃 17号	64	52
31	〃 32号× 〃 17号	54	58
32	〃 33号× 〃 17号	16	13
33	被害木 13号 Damaged tree (open pollination)	60	67
34	〃 14号 〃 (〃)	69	71
35	〃 16号 〃 (〃)	82	82

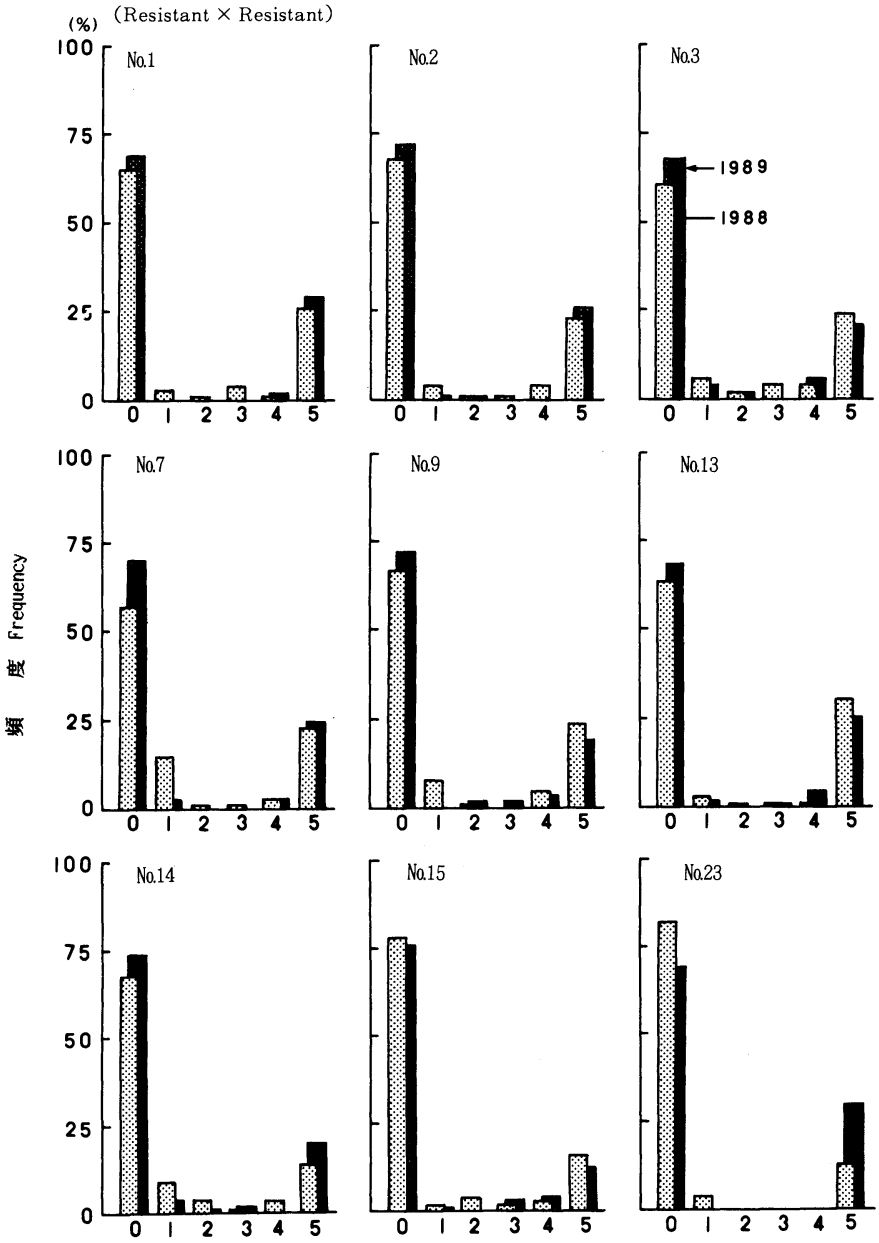


Fig. 7.　各家系における寄生率の頻度分布

Frequency distribution of parasitism percentage of each family in progeny test

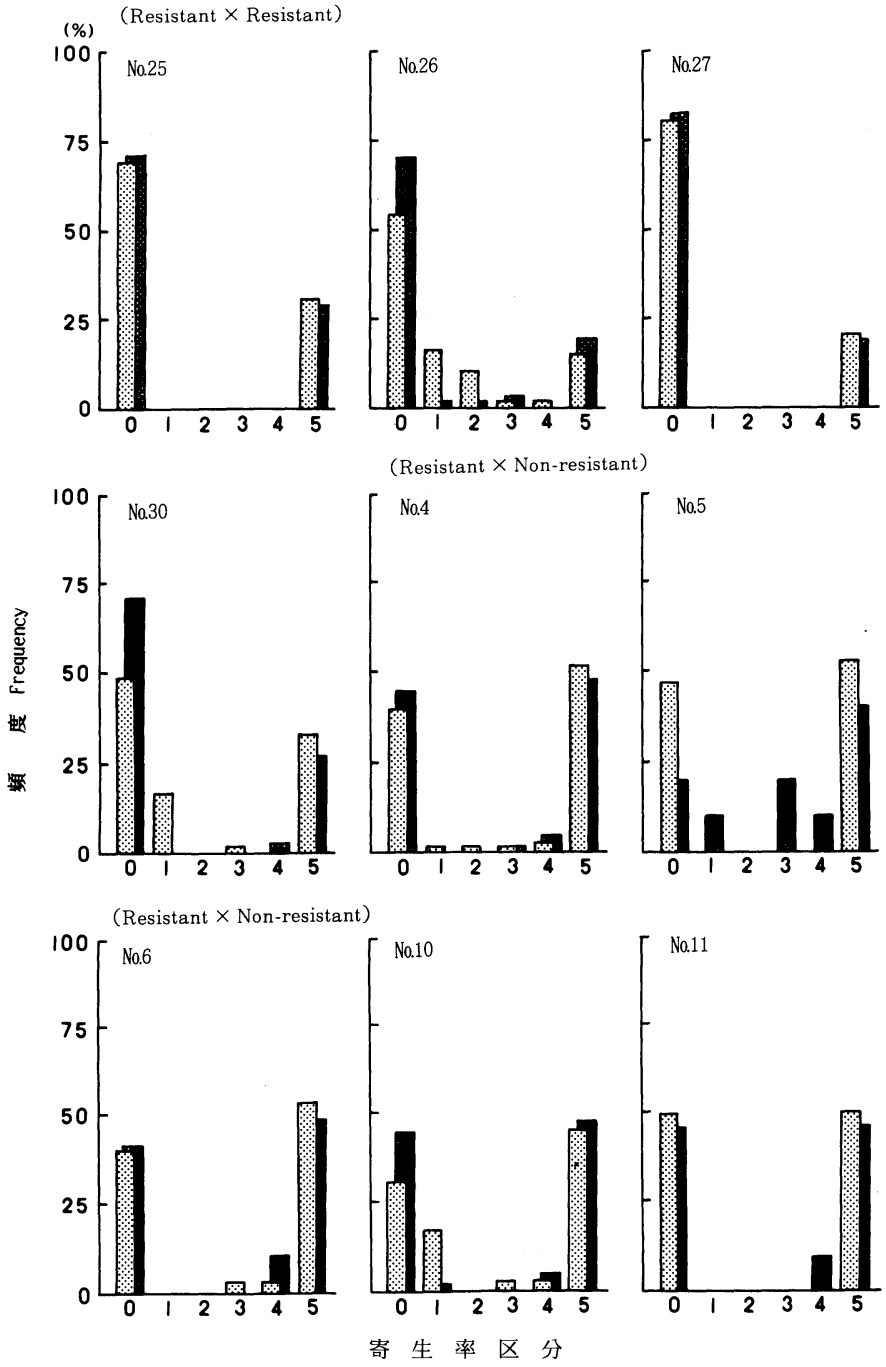
寄生率区分は 0：0%，1：1～20%，　2：21～40%，　3：41～60%，　4：61～80%，

5：81～100%，番号はTable 11に示す家系No.である。

Index of parasitism percentage 0,1,2,3,4,5 represent 0%,

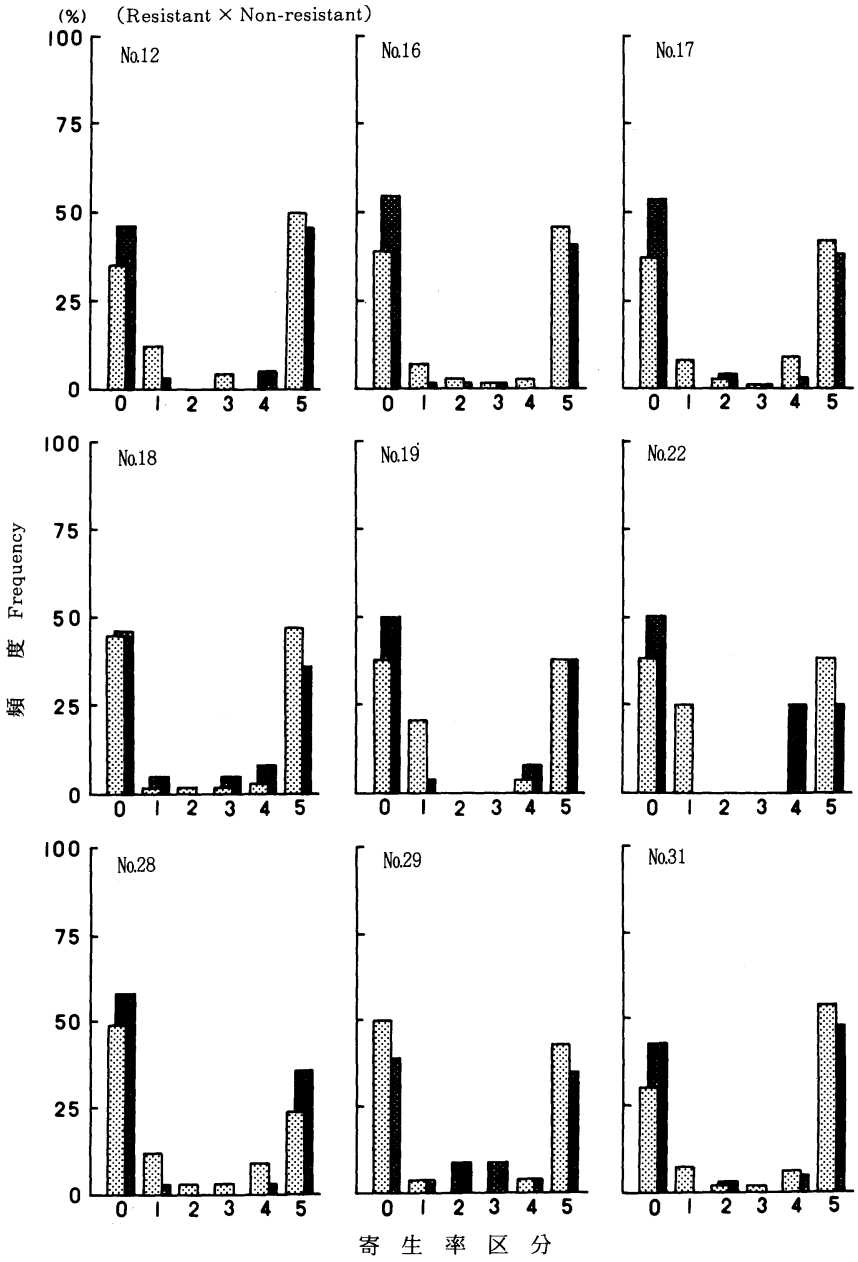
1～20%，21～40%，41～60%，61～80%，81～100%，

respectively and No. represents family number in table 11.



Index of parasitism percentage

Fig. 7-2



Index of parasitism percentage

Fig. 7-3

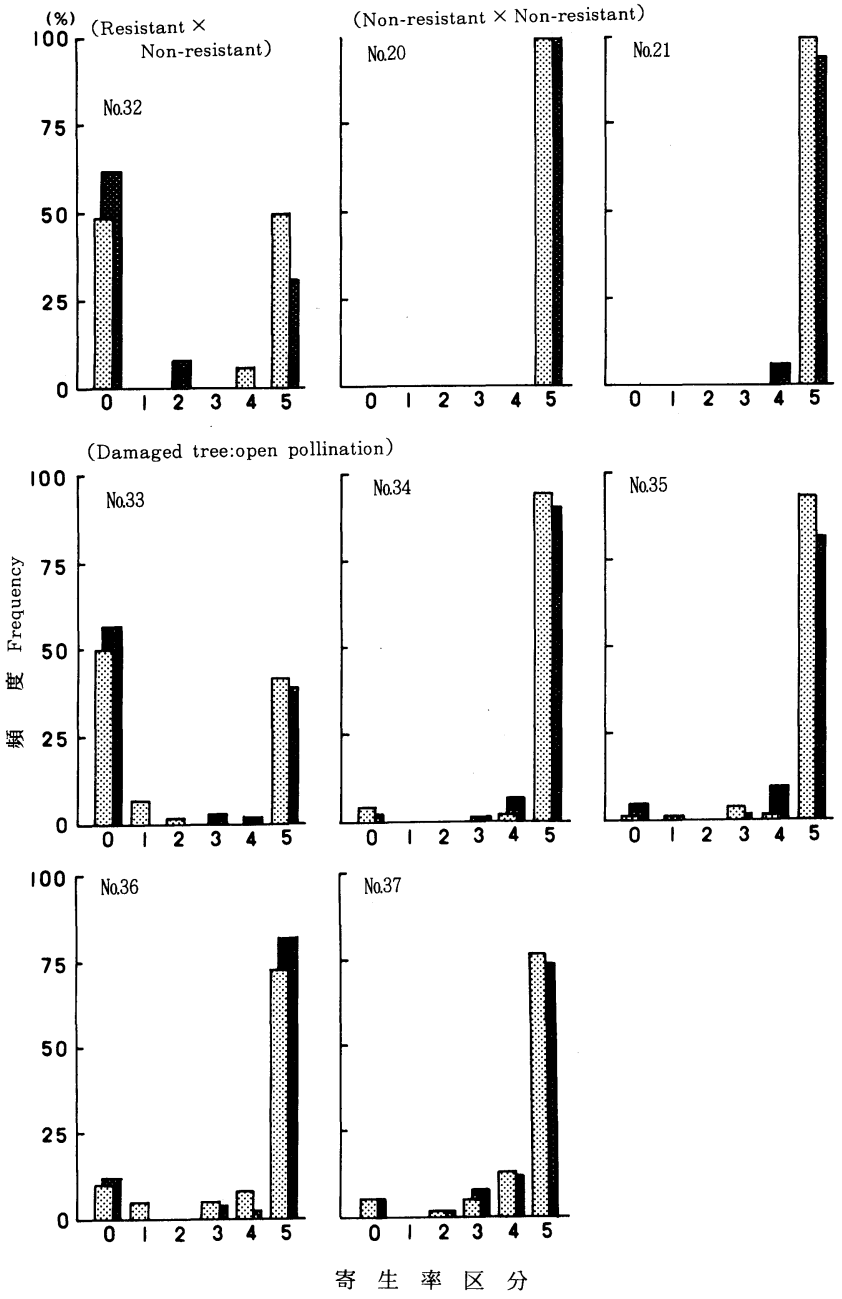

(%)
(Resistant × Non-resistant)
No.32
(Non-resistant × Non-resistant)
No.20
No.21
(Damaged tree:open pollination)
No.33
No.34
No.35
No.36
No.37
100
75
50
25
0
0 1 2 3 4 5
頻度 Frequency
寄生率区分
Index of parasitism percentage

Fig. 7-4

Photo.7. 抵抗性の実生苗
Resistant seedling

Photo.8. 非抵抗性の実生苗
Non-resistant seedling
当年生枝に虫えい形成針葉が多数ある
Current shoots have many galled needles

％は高い抵抗性を示すものと非抵抗性のものとに分離し，寄生率０％の出現率は，1988年が40.6％，1989年が46.7％で，両親が抵抗性の家系とは異なった。自家受粉を含め両親が非抵抗性の交配組合せ家系であるNo.20，21は，両年とも寄生率０％の個体は出現せず，すべて81～100％の個体であった。また，被害林分の自然交配家系であるNo.33～37の５家系は，母樹の寄生率が１％以下であったNo.33（Table 6の被害木13号）が抵抗性×非抵抗性の家系の出現率に近似し，その他の４家系はいずれも両親が非抵抗性の家系の出現率に近似していた。このように，各家系における寄生率の頻度分布は抵抗性と非抵抗性に分離し，抵抗性個体の出現率は両親の抵抗性の程度によることが明らかであった。

年別では，両親が抵抗性および抵抗性×非抵抗性の組合せ家系とも寄生率０％の出現率は，1989年に対して1988年が５％程度低かったが，寄生率０～20％までの出現率では，両親が抵抗性の家系は両年とも73％，抵抗性×非抵抗性の家系は両年が48～49％になりほぼ同率であった。

仮に，寄生に対する抵抗性が優性な１対の遺伝子によって支配されている形質であるとした場合，両親のどちらかが優性ホモ接合体である交配組合せでは全て抵抗性苗になり，両親がヘテロ接合体の交配組合せでは75％，ヘテロ接合体×劣性ホモ接合体の交配組合せでは50％の抵抗性苗の出現率が期待できる。両親が劣性ホモ接合体の交配組合せでは抵抗性苗が出現しないことになる。本実験の場合，前述したように寄生率０～20％のものを抵抗性と見なした次代の抵抗性個体の出現率は，両親が抵抗性の家系群では約73％，抵抗性×非抵抗性の家系群では約48％であり，期待出現率に近似していた。また，両親が非抵抗性の家系には抵抗性個体が出現しなかった。これらのことから，交配親に供した抵抗性候補木クローンはヘテロ接合体であり，非抵抗性クローンは劣性ホモ接合体であると予想される。

Table 12. 両親が抵抗性の各家系における抵抗性個体数とその割合
Rate of resistant individuals in the progenies of resistant clone × resistant clone

家系番号 Family number	1988年 Year			1989年 Year		
	全個体数 Total number of individuals	抵抗性個体数 Number of resistant individuals	抵抗性個体の割合 Rate of resistant individuals	全個体数 Total number of individuals	抵抗性個体数 Number of resistant individuals	抵抗性個体の割合 Rate of resistant individuals
1	94	64	0.681	93	64	0.688
2	80	57	0.713	81	59	0.728
3	51	34	0.667	53	38	0.717
7	69	49	0.710	69	50	0.725
9	84	59	0.702	83	60	0.723
13	103	68	0.660	96	67	0.698
14	79	61	0.772	83	64	0.771
15	68	54	0.794	70	54	0.771
23	23	20	0.870	20	14	0.700
25	13	9	0.692	14	10	0.714
26	87	61	0.701	63	45	0.714
27	10	8	0.800	11	9	0.818
30	64	42	0.656	52	37	0.712
計 Total	825	586	0.7103	788	571	0.7246

Table 13. 抵抗性×非抵抗性の各家系における抵抗性個体数とその割合
Rate of resistant individuals in the progenies of resistant clone × non-resistant clone

家系番号 Family number	1988年 Year			1989年 Year		
	全個体数 Total number of individuals	抵抗性個体数 Number of resistant individuals	抵抗性個体の割合 Rate of resistant individuals	全個体数 Total number of individuals	抵抗性個体数 Number of resistant individuals	抵抗性個体の割合 Rate of resistant individuals
4	63	26	0.413	62	28	0.452
5	15	7	0.467	10	3	0.300
6	30	12	0.400	29	12	0.414
10	59	28	0.475	62	29	0.468
11	12	6	0.500	11	5	0.455
12	26	12	0.462	41	20	0.488
16	59	27	0.458	66	37	0.561
17	76	34	0.447	72	39	0.542
18	58	27	0.466	59	30	0.508
19	24	14	0.583	24	13	0.542
22	8	5	0.625	8	4	0.500
28	33	20	0.606	31	19	0.613
29	28	15	0.536	23	10	0.435
31	54	20	0.370	58	25	0.431
32	16	7	0.438	13	8	0.615
計 Total	561	260	0.4635	569	282	0.4956

そこで両親が抵抗性の交配組合せである13家系（Table 12）および抵抗性×非抵抗性の交配組合せである15家系（Table 13）を用いて異質性の検定を行って，それぞれの理論分離比0.75:0.25と0.50:0.50に対する適合性の検定[27]を行った。その結果，両親が抵抗性の家系群では，1988年は異質性 $\chi^2=10.13$, $p=0.60$, 1989年は異質性 $\chi^2=3.28$, $p=0.99$で，両年とも異質性は認められなかった。したがって，家系をこみにした全個体数と抵抗性個体数で検定した。1988年は適合性 $\chi_c^2=6.72$, $p=0.01$で有意となったが，1989年は適合性 $\chi_c^2=2.57$, $p=0.11$で有意性は認められず仮説に適合した。抵抗性×非抵抗性の家系群では，1988年は異質性 $\chi^2=8.76$, $p=0.84$, 1989年は異質性 $\chi^2=8.79$, $p=0.84$で両年とも異質性は認められなかった。したがって，家系をこみにした全個体数と抵抗性個体数で検定した。1988年は適合性 $\chi_c^2=2.85$, $p=0.09$, 1989年は適合性 $\chi_c^2=0.03$, $p=0.89$で両年とも有意性は認められず仮説に適合した。

V　アカマツ精英樹クローンおよびクロマツ精英樹自然交配家系におけるマツバノタマバエ抵抗性

1. 調査方法

1)　アカマツ精英樹クローンの抵抗性

調査林分は，1963～1967年に植栽された奥羽支場内のクローン集植所である。ここには東北育種基本区西部育種区から選抜されたアカマツ精英樹100クローンが，1クローン当たり9個体ずつ列状に植栽されている。

このクローン集植所にマツバノタマバエ被害が発生したので，1981年10月に1クローン当たり被害が多いと観察される2個体を選び，樹冠上部からそれぞれ当年生枝を2本ずつ採取して，各クローンの被害状況を調査した。調査クローンの林齢は15～19年で，樹高は約7.0mであった。

被害針葉の調査方法はII・2・1）の調査方法に準じた。

2)　クロマツ精英樹自然交配家系の抵抗性

調査林分は，1979年に設定された秋田県本荘市，本荘営林署57林班へ・ロ小班の東秋局11号次代検定林である。ここには東北育種基本区西部育種区から選抜されたクロマツ精英樹の自然交配24家系が，それぞれ60本ずつ植栽したものを1ブロックとして，3ブロックが設けられている。

この次代検定林の植栽5年後の調査（1983年10月）でマツバノタマバエ被害がみられたので，被害が多いと観察される1ブロックの前列から順に20個体を用い，1個体から当年生枝を1本ずつ採取して被害状況を調査した。検定林植栽木の生育状況は生存率が94.0%，平均樹高が1.9mであった。

被害針葉の調査方法は，II・2・1）の調査方法に準じた。

2. 結　果

1)　アカマツ精英樹クローンの抵抗性

Table 12は，精英樹クローンの産卵率と寄生率を示したものである。産卵率は10.0～90.0%まであるが，クローンの植栽配置と関連性が高かったことから，植栽場所による影響が大きいものと推測された。

寄生率は新発田101号が50%，中頸城103号が56%，その他は70～100%であり，アカマツ精英樹クローンの中には，前述した抵抗性候補木クローンのように高い抵抗性を示すものはなかった。

Table 14. アカマツ精英樹クローンの産卵率および寄生率
Oviposition percentage and parasitism percentage in plus-tree clones of Japanese red pine

クローン Name of clone			産卵率 Oviposition percentage (%)	寄生率 parasitism percentage (%)	クローン Name of clone			産卵率 Oviposition percentage (%)	寄生率 parasitism percentage (%)
大館	Oodate	101号	35	99	西置賜	Nishiokitama	1号	23	100
〃		102号	40	75	〃		2号	86	97
〃		103号	72	95	〃		3号	24	96
〃		104号	69	93	〃		4号	12	96
鷹巣	Takanosu	101号	52	97	〃		5号	49	82
〃		102号	47	90	〃		6号	13	92
〃		103号	29	96	〃		7号	32	95
〃		104号	21	95	〃		8号	49	97
五城目	Gojome	102号	77	100	西村山	Nishimurayama	1号	46	96
〃		103号	63	73	〃		2号	19	95
〃		104号	77	100	〃		101号	43	95
〃		105号	81	100	東南村山	Tounanmurayama	101号	24	100
山形	Yamagata	1号	27	98	〃		102号	30	94
〃		101号	35	95	〃		103号	35	88
〃		102号	12	91	岩船	Iwafune	1号	23	96
〃		103号	18	96	北原	Kitakanbara	1号	27	88
村上	Murakami	1号	23	88	〃		2号	17	87
〃		2号	52	96	〃		3号	19	99
〃		3号	90	100	〃		4号	29	98
新発田	Shibata	101号	10	50	〃		105号	53	95
〃		102号	30	97	〃		6号	25	99
北秋田	Kitaakita	1号	87	100	〃		107号	35	98
〃		2号	85	100	〃		108号	28	99
〃		101号	82	97	〃		109号	52	98
〃		102号	69	99	西蒲原	Nishikanbara	1号	62	98
〃		103号	72	99	〃		2号	28	99
〃		104号	78	100	〃		3号	81	100
〃		105号	59	77	〃		4号	79	97
〃		106号	46	87	三島	Santou	1号	34	91
〃		107号	58	98	〃		2号	89	99
〃		108号	14	88	〃		3号	53	90
〃		109号	50	94	〃		4号	51	95
〃		110号	25	92	〃		5号	81	80
〃		111号	23	99	刈羽	Kariwa	101号	39	95
鹿角	Kazuno	101号	76	89	〃		102号	16	67
〃		102号	29	92	新井市	Araishi	101号	54	99
南秋田	Minamiakita	101号	23	97	〃		102号	61	100
〃		102号	60	84	中頸城	Nakakubiki	101号	60	98
由利	Yuri	101号	43	100	〃		102号	58	91
〃		102号	23	84	〃		103号	83	56
雄勝	Ogachi	101号	21	94	〃		104号	81	100
平鹿	Hiraka	101号	37	97	佐渡	Sado	1号	46	91
〃		102号	39	98	〃		2号	68	95
東南置賜	Tounanokitama	1号	19	87	〃		3号	44	94
〃		2号	26	93	〃		105号	87	98
〃		3号	30	99	〃		106号	60	89
〃		4号	44	99	〃		107号	63	100
〃		5号	23	91	〃		108号	42	97
〃		6号	52	95	両津市	Ryoutsushi	1号	43	100
〃		8号	48	76	〃		2号	69	99

2)　クロマツ精英樹自然交配家系の抵抗性

家系ごとの産卵率は7.6～24.4%で，平均13.6%であった。Fig.8は，各家系における寄生率の頻度分布を示したものである。抵抗性個体（寄生率0～20%の個体）が出現した家系は由利4・6・101号，南秋田101号，飽海101号，中頸城102号の6家系にわずかに1個体ずつ出現したのみで，その割合はそれぞれ5%であった。その他の18家系には抵抗性を示す個体は出現しなかった。これら各家系における寄生率の頻度分布は，前述した非抵抗性同志の交配家系に近似するものであり，調査したクロマツ精英樹クローンの中には抵抗性のものは含まれていなかった。

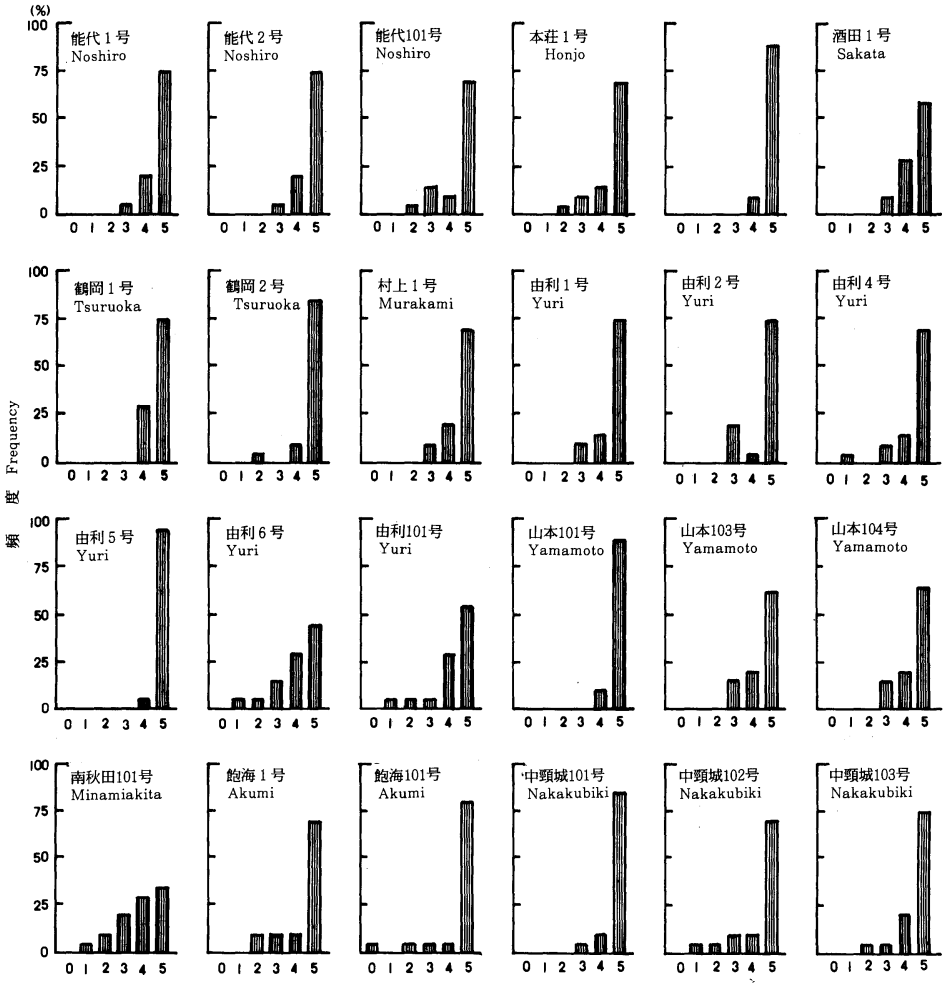


Fig. 8.　クロマツ精英樹家系における寄生率の頻度分布
Frequency distribution of parasitism percentage in half-sib family of plus trees of Japanese black pine. 寄生率区分はFig.7 脚注参照
Indexes of parasitism percentage are same as in Fig.7.

VI 考　　察

マツバノタマバエの樹木への寄生について，滝沢[29)30)]は長崎県でマツ属11種を調査し，*Pinus densiflora, P.densiflora var.umbraculifera, P.thunbergii, P.luchuensis, P.resinosa, P.ponderosa*は虫えいが形成されるが，*P.pungens, P.rigida, P.palustris, P.elliottii, P.taeda*は虫えいが形成されず，本虫に対して抵抗性であることを報告している。さらに，これらの抵抗性を示す樹種にもすべて幼虫の侵入を受けた傷痕が認められることから，針葉内に侵入した幼虫の発育状況を観察して，6月上旬には非抵抗性のものと同じように幼虫の生存を確認したが，6月下旬以降は生存幼虫が急激に減少することを認めている。その後，武田[28)]・齋藤[20)]，は，クロマツ被害林分の中にも*P.pungens*などと同じように虫えいが形成されない個体があることを報告した。これらの報告は，樹種の選択による被害回避，さらに，クロマツにおいても抵抗性育種の可能性を示すものである。

本研究ではマツバノタマバエ被害林分の中から選抜した抵抗性候補木について，原木の被害状況およびそれらのつぎ木クローンを被害地に植栽してその被害状況を調査し，針葉内に侵入した幼虫に対する抵抗性の程度を分析した。さらに，クローン間の交配家系をクローン植栽地と同じ場所に植栽して，その被害状況から抵抗性の遺伝性を検討した。

クローン検定地および次代検定地の供試木に対するマツバノタマバエの産卵状況は，クローン検定地では被害状況調査を行った1984年33.5%，1988年25.5%，1989年10.6%，次代検定地では1988年27.6%，1989年9.2%で，各調査年の産卵率は周囲林分の産卵率とほぼ同じであった[35)]。

クローン検定供試木の寄生率は，年によって若干の変動はあったが，クローンによる差異が非常に大きく，しかも年とクローンの交互作用には有意性が認められないので，抵抗性か，非抵抗性かは容易に区別された。抵抗性とみなされるクローンの中にも若干ではあるが虫えいが形成されるものがあった。それらは1988年（植栽4年後）と1989年（植栽5年後）では，1988年に虫えい形成針葉が多かったことから，供試木の生育状態が影響しているのではないかと考えられた。しかし，このような個体について成長量，生育環境などを観察したが一定の傾向は確認されなかった。

これらクローンの寄生率とその原木である候補木の寄生率とは高い相関関係が認められ，寄生率による選抜の有効性が裏付けられた。それら候補木の寄生率およびクローン検定の寄生率から，抵抗性候補木として選抜した60個体のうち42個体は抵抗性であると判断された。

各候補木は1個体当たりおよそ2万本の中から選抜されたものであり，さらに抵抗性個体の出現率は約1／28000である。したがって，候補木の選抜はかなり大きな被害林分を対象にしなければならない。この場合の選抜方法は，林分の中からとび抜けて成長が良い個体あるいは針葉が褐変していない個体をマークして，それらについて針葉調査を行い，寄生率が0%またはそれに近い個体を選抜する2段階方式が効率的である。本研究では，林木育種事業の基本母材料であるアカマツおよびクロマツ精英樹についても本虫に対する抵抗性の調査を行ったが，アカマツ，クロマツ精英樹の中には抵抗性を示すものはなかった。抵抗性個体の出現率からみて精英樹の中に抵抗性のものが含まれている確率は低いものと思われる。

抵抗性クローンを親とする人工交配家系においては，2年間とも寄生率が0%で高い抵抗性を示す個

体と81～100％で非抵抗性の個体に分離し，中間型の寄生率を示す個体は極めて少なかった。しかし，寄生率が０％の個体でも調査年によって若干の寄生がみられた。また，抵抗性クローンにおいても20％程度は寄生率に個体間変動がみられたことから，ここでは寄生率０～20％のものを抵抗性とした。その出現率は自家受粉を含めて両親が抵抗性の家系は平均73％，抵抗性×非抵抗性の家系は平均48％，自家受粉を含めて両親が非抵抗性の家系では抵抗性個体の出現率が０％であった。これら各家系における抵抗性個体の出現率から，抵抗性は優性の主働遺伝子に支配されている可能性が高いと推定される。また，交配親とした抵抗性８クローンはすべてヘテロ接合体であり，非抵抗性クローンは劣性ホモ接合体であると推定された。この抵抗性遺伝子について，ホモ接合体のものはまだ見つかっていないが，これまでの調査結果から抵抗性クローンの中にホモ接合体が含まれている可能性は非常に低いと思われるので，両親が抵抗性を有する次代の交配 F_2 家系を養成して分析を進める必要があると考えている。

これらの結果から，マツバノタマバエ被害に対する育種的対応としては，当面，既に選抜し検定した抵抗性クローンを用いて採種園を造成することが考えられる。この場合，そこから生産される種苗の約75％が抵抗性のものであると期待できる。

引　用　文　献

1)　Forest Research Institute of Korea: A Synthesis on the Pine Gall Midge, 啓文社, Seoul,Korea, 278pp., (1985)

2)　藤岡　浩：秋田県におけるマツバノタマバエの生態（Ⅱ），マツバノタマバエとその寄生蜂の羽化経過，日林東北支誌，**38**, 196～199（1986）

3)　古野東洲・曾根晃一：外国産マツ属の虫害に関する研究（第５報），マツバノタマバエの加害について，京都大演習林報，**50**, 12～23,（1978）

4)　古野東洲：外国産マツ属の虫害に関する研究（第８報），マツバノタマバエの加害について，同上，**59**, 16～30,（1987）

5)　原田武夫：マツバノタマバエ薬剤効果比較試験の結果について，森林防疫，**21**, 53～54,（1972）

6)　伊藤外治：石川県におけるマツバノタマバエ防除事業について，森林防疫，**19** ,308～311,（1970）

7)　小島耕一郎：マツバノタマバエの浸透性薬剤の効果，森林防疫，**20**, 202～205,（1971）

8)　倉永善太郎・森本桂：山形県でのマツバノタマバエ天敵放飼試験，林試九支年報，**18**, 37,（1976）

9)　松枝　章：マツバノタマバエの天敵による防除試験，石川県林試研報，**4**，163～172,（1966）

10)　三浦　正：マツバノタマバエとその天敵の研究，島根県林試，186pp.,（1962）

11)　村上源太郎：山形県下のマツバノタマバエについて，森林防疫，**18**, 158～160,（1969）

12)　中根　勳：広島県におけるマツバノタマバエの被害と防除について，森林防疫，**18**, 160～162,（1969）

13)　中根　勳：液剤散布によるマツバノタマバエ防除試験，広島県林試研報,**9**, 109～112,（1974）

14)　西沢松太郎：マツバノタマバエに対するアカマツの抵抗性調査，森林防疫，**18**, 85～86，（1969）

15)　小沢孝弘：マツバノタマバエに対するアカマツの抵抗性候補木について（予報），81回日林講，290～291,（1971）

16)　林野庁：昭和46年度森林病害虫等被害報告，36pp.，(1973)

17)　林野庁：スギ，マツ類の耐虫性に関する調査，143pp.，(1973)

18)　齋藤　諦・原田章彦：山形県におけるマツバノタマバエについて，日林東北支誌，**17**，47～49，(1966)

19)　齋藤　諦：有機リン殺虫剤の葉面散布によるマツバノタマバエの防除効果，85回日林講，224～225，(1975)

20)　齋藤　諦：マツバノタマバエに対するクロマツ抵抗性候補木について，日林東北支誌，**29**，130～131，(1978)

21)　佐々木明夫：マツバノタマバエの越冬幼虫と腐植層（A_0），秋田県林業センター52年度業務報告，41～42，(1978)

22)　佐藤定利：新潟県におけるマツバノタマバエの被害と生態および防除事業について，森林防疫，**19**，306～308，(1970)

23)　佐藤邦彦・横沢良憲・庄司次男：つちくらげ病に関する研究（1），東北地方における被害とその分布，81回日林講，249～251（1971）

24)　曽根晃一：マツバノタマバエの生態学的研究（1），生活史特性，林試研報，**341**，1～25，(1986)

25)　曽根晃一：マツバノタマバエの生態学的研究（2），低密度個体群の個体数変動と分布様式，林試研報，**344**，53～102，（1987）

26)　曽根晃一：マツバノタマバエの生態学的研究（3），加害特性と被害のマツ属の生長に及ぼす影響，林試研報，**349**，71～96，(1987)

27)　スネデカー・コクラン（畑村又好ほか訳）：統計的方法，岩波書店，東京，237～238，(1974)

28)　武田英文：マツバノタマバエに対するクロマツ抵抗性個体について，森林防疫，**26**，75～79，(1977)

29)　滝沢幸雄：マツバノタマバエに対するマツ品種および系統別の抵抗性（Ⅰ），マツ品種および系統別の被害解析，74回日林講，341～342，(1963)

30)　滝沢幸雄：マツバノタマバエに対するマツ品種および系統別の抵抗性（Ⅱ），被害針葉における幼虫の発育状況，75回日林講，412～414，(1964)

31)　滝沢幸雄：長崎県におけるマツバノタマバエ－被害分布と松類の抵抗性について，森林防疫，**13**，201～204，(1964)

32)　寺田貴美雄：クロマツ海岸林におけるマツバノタマバエ抵抗性個体の選抜後の被害と生長，日林東北支誌，**33**，117～119，(1981)

33)　寺田貴美雄：クロマツにおけるマツバノタマバエ抵抗性候補木クローンの抵抗性検定，日林東北支誌，**37**，94～96，(1985)

34)　寺田貴美雄：クロマツにおけるマツバノタマバエ抵抗性の遺伝，101回日林論，321～322，(1990)

35)　寺田貴美雄：林木の抵抗性検定法－マツバノタマバエ現地検定の一例，林木の育種，**160**，27～30，(1991)

36)　土屋辰雄：マツバノタマバエ抵抗性個体の選抜，林木の育種，**108**，16～17，(1978)

37)　山崎秀一：マツバノタマバエに対する薬剤防除試験，新潟県林試研報，**21**，49～56，(1978)

Developing Strains Resistant to the Pine Needle Gall Midge (*Thecodiplosis japonensis* UCHIDA et INOUYE) in *Pinus Thunbergii* PARL.

Kimio TERADA (1)

Summary

The pine needle gall midge (*Thecodiplosis japonensis*) is one of the major pest insects that affect pines, causing a reduction in the annual growth of pine trees. In order to develop Japanese black pines (*Pinus thunbergii* PARL.) that are resistant to this inse ct, sixty candidate trees, which were normaly growing in severely damaged maritime f or-ests of Japanese black pine, were selected.

The 36 selected trees were found to be free from the parasitism of the gall midge in the followimg inspections, although the 9 selected trees were attacked by the gall midge no less than the damaged trees.

The clone test of the selected trees was carried out by planting grafted ramets as a block in the severely damaged forest and then leaving the planted materials under natural conditions. 38 clones out of the 53 tested had either zero or a very low percentage of parasitism. From the results of the inspection of selected trees and their clone test, 42 trees were judged to be resistant to the gall midge.

In the artificially pollinated progenies, the seedlings segregated into ones with non-parasitism (0%) and ones with high-parasitism (81～100%). The seedling with a parasitism percentage of 1～80% appeared very rarely. The average frequencies of appearance of resistant seedlings were 73 % in the progenies of Resistant × Resistant, 48 % in Resistant × Non-resistant and 0 % in Non-resistant × Non-resistant, respectively.

From the above segregation ratio, it is estimated that resistance against *Thecodiplosis japonensis* is regulated by one dominant gene and that the parent trees used for pollination were heterozygous.

---

(1) Forest tree Breeding Institute Tohoku Breeding Office.