

マツ枯れ激害地——白浜試験地における天然生 アカマツ、クロマツの枯損と生存木について

古 野 東 洲・大 畠 誠 一・上 中 幸 治

On the Withering and the surviving Pines at the heaviest
damaged Area, the Shirahama Experiment Station,
by the Pine Wilt in Wakayama Prefecture

Tooshu FURUNO, Sei-ichi OOHATA and Kōji UENAKA

要 旨

マツ枯れ激害地であった京都大学農学部白浜試験地の1～7林班において、アカマツ (*P. densiflora*)、クロマツ (*P. thunbergii*) の枯損の経過を過去の伐倒駆除の資料より推定し、1983年9月～11月に残存している個体を調査した。

白浜試験地のマツ枯れ被害は、1966年にはじめて見られ、そのピークは1972～1974年で、1978年までの13年間に、枯損本数は3051本、枯損材積は497.8m³に達し、胸高直径40cm以上の大径木はすべて枯死した。被害初期は大径木が、次第に中～小径木が多く枯れ、1974年の激害末期までに、本数で約60%、材積で約80%が枯損した。以後は、枯損は徐々に減少し、1983年には3本、1984年6月に1本枯れたにすぎない。

335本の残存木は、外観からは、18本がクロマツ、317本がアカマツと判定された。針葉横断面にみられる樹脂道の位置にもとづき、その外位率によって分けると、85～100%のアカマツは277本、65～85%のアカマツに近いアイアカマツは31本、35～65%の中間のアイノコマツは8本、15～35%のクロマツに近いアイグロマツは2本、0～15%のクロマツは17本となった。

針葉下表皮細胞は、角隅を除く全周で2層がみられるものは18本、1層であったものは316本、中間型と思われる両者がみられる針葉をもった個体が1本で、外観によるアカマツ、クロマツの判定とよく一致した。

残存木の81%は胸高直径20cm以下の小径木で、樹幹が通直かまたはそれに近いものは1/4しかみられなかった。さらに、枯れ枝の付いている個体が多く、マツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus*) による部分枯れと考えられる。

これらの残存木 (1984年6月に1本枯れたため生存木は334本) は、白浜試験地におけるマツノザイセンチュウ抵抗性個体の一次候補木としてリストアップされた。

ま え が き

京都大学農学部附属演習林白浜試験地が位置する紀南地方は、現在では、すでにマツ枯れ激害の大波も過去のものとなり、天然生のアカマツ (*P. densiflora*)、クロマツ (*P. thunbergii*) の枯損木は散見される程度で、どの地域においても、それらの大径木の姿を見ることはできない。

白浜試験地においても例外ではなく、小径木が散在する程度で、被害以前に見られた樹形の良い大径木は1本も現存しない。武田・井戸¹⁾は、1972年および1973年に、当地がすでにマツ枯れ激害型の様相を呈し、1972年に、田辺市や西牟婁郡で生立木に対する枯損率が30～70%の高率に達していると報告している。白浜試験地において、これらのマツ枯れ被害木の処理に多大の労力が投入され、伐倒、薬剤散布が実施されたが、その効果はなく、現在は天然のマツ林は全滅してしまっている。しかし、試験地内を踏破すると、天然生のアカマツ、クロマツは、林の様相を呈していないが、処々に単木的に散見される。それらには、マツ枯れが激害を呈していたであろう1972～1974年当時、すでに周囲の混交していた広葉樹類より樹高も高く、当時から生存を続けているものと判定することができるものもある。

マツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus*) に対するマツ属の抵抗性は、種によって違いがみられ^{3,4)}、同一種内においても個体によって差がみられることはすでに明らかにされている^{5,6)}。抵抗性個体の育種の一手段として、マツ枯れ激害地に枯れないで、残存している天然生のアカマツ、クロマツからの選抜が試みられ、多くの研究機関で事業的に取り組まれている^{7,8)}。金光⁹⁾は被害地域に残存したアカマツ、クロマツに、さらに人為的にマツノザイセンチュウを接種して、抵抗性個体の選抜を試みている。

著者らは、過去のマツ枯れ激害地であった白浜試験地において、マツノザイセンチュウ抵抗性個体の選抜の第一歩として、残存するアカマツ、クロマツを調査し、各個体ごとの針葉樹脂道を調査した。本報告では、これらの調査結果に加えて、マツ枯れ被害当時の伐倒記録にもとづき、被害の推移を推定した。本調査に協力いただいた白浜試験地の羽谷啓造、那須孝治、上中光子の各技官に深謝する。

なお、本研究は、文部省科学研究費（研究課題番号58560148）の助成をうけて行われ、マツノザイセンチュウの確認には二井一禎助手の協力を、さらに白浜試験地の前主任である赤井龍男助教授、渡辺弘之助教授から有益な助言を得ました、厚く御礼申し上げます。

調査地の概況

白浜試験地は総面積62 ha で、紀南と呼ばれている和歌山県西牟婁郡白浜町立ヶ谷にあり、海拔高0～150mに位置している。地質は第3紀層に属し、基岩は砂岩よりなり、土壌はとくに浅く、極めてせき悪地である。当試験地の天然生のアカマツ、クロマツの枯損がみられるようになったのは、1966年で、その年に2本が伐倒駆除されている。以後、毎年被害は続き、1972年には激害型を呈し、大径木の多くはこの年までに枯れている。天然林は試験地の約6割を占め、ヤマモモ (*Myrica rubra*)、ウバメガシ (*Quercus phylliraeoides*)、タイミンタチバナ (*Athruphyllum neriifolium*)、ヒメユズリハ (*Daphniphyllum leijsmanni*) などの常緑広葉樹、コナラ (*Quercus serrata*)、ヤマハゼ (*Rhus sylvestris*)、ヤマザクラ (*Prunus jamasakura*) などの落葉広葉樹に、多くのアカマツ、クロマツが混交していたが、マツ枯れ被害のために、現在は、照葉樹林の景観を呈し、尾根筋にはコシダ (*Dicranopteris dichotoma*)、ウラジロ (*Gleichenia japonica*) が密生している。年平均気温 17.2℃、年間降水量は 2,257mm、積雪はみられない。

調査方法

調査対象区域を試験地の1～7林班 (32.24ha) の天然林 18.81ha (他の区域では試験地設定以前に、有用広葉樹を含むアカマツ、クロマツの中～大径木が利用されたため除外) と決め (表一1)、当該区域の試験地施業記録より、マツクイムシ——マツ枯れ被害木の伐倒、駆除の記録

Table 1. Stand type of research area

Compartment	Natural stand (ha)	Plantation (ha)	Nursery (ha)	Others (ha)	Total (ha)
1	1.63	1.61	0.12	0.19	3.55
2	2.16	3.60	0.16	0.29	6.21
3	3.30	3.08	0	0.16	6.54
4	2.03	2.98	0	0	5.01
5	2.18	0.46	0	0	2.64
6	3.91	0.52	0	0.26	4.69
7	3.60	0	0	0	3.60

を調べて枯損経過を求めた。さらに、1983年9～11月には、調査区域の天然生アカマツ、クロマツの胸高直径、樹高を測定し、樹形をも調査し、同時に樹脂道調査のために、1982年および1983年に展開した針葉を採取した。針葉樹脂道の位置を両年とも異なる小枝からの各5本の針葉で調査し、同時に、針葉外縁中央部の下表皮細胞をも観察した。

調査対象木は、マツ枯れ激害当時の1972～1974年に、広葉樹類より樹高が高く、梢端が上方に突き出て、マツノマダラカミキリ (*Monochamus alternatus*) 成虫が容易に後食し得たと考えられるものとし、そのために、胸高直径が約8 cm または10 cm 以上のアカマツ、クロマツが調査対象木となった。なお、当時の樹高は2～3 m で小さかったが、孤立状で育っていたために、本調査時には胸高直径が8 cm を越えているものでも調査対象木とはしなかった。さらに、5林班の尾根、6林班と7林班の境界の尾根に沿って、それぞれ巾10 m 長さ100 m の標準地、7林班の小班の谷に20 m × 20 m の標準地2カ所を設けて、被害木の伐根を調査した。また、調査対象木の多くには枯死枝が残っていたので、その一部の個体の枯死枝でマツノザイセンチュウの有無を調査した。

さらに、マツ枯れ激害地の伐倒駆除作業時に、一部伐倒木(クロマツ13本、アカマツ3本、未記録1本の17本)の区分求積により求められた幹材積と、胸高直径と樹高に対する相対生長関係を求め、伐倒木、調査木の幹材積を推定した。

結果および考察

1. 幹材積の推定

17本の供試木の胸高直径と樹高 ($D^2 \cdot H$: $\text{cm}^2 \cdot \text{m}$) に対する幹材積 (V : m^3) の相対生長関係を求めると図-1 のようになり、その関係式は

$$\log V = 0.89536 \log(D^2 \cdot H) - 3.99941$$

で近似された。本報告では、本式を用いて計算された幹材積を使用した。

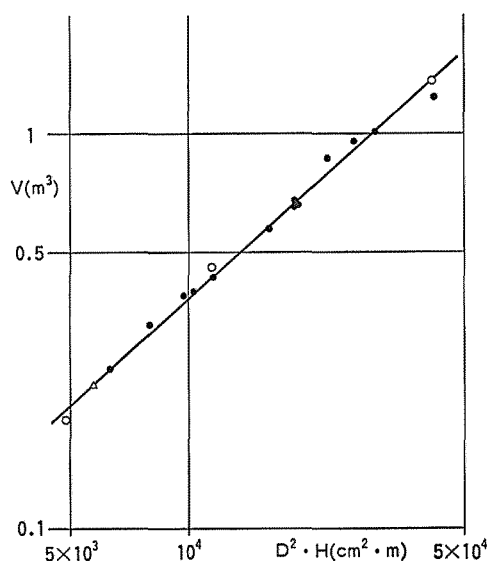


Fig. 1 Relation between stem volume (V) and $D^2 \cdot H$ (diameter at breast height and tree height).

● : *P. thunbergii*, ○ : *P. densiflora*,
△ : unspecified pine

2. 天然生アカマツ、クロマツの枯損

2-1 枯損の経過

白浜試験地のマツクイムシ枯損木の伐倒記録は、1966年の7林班における胸高直径11cm および 68cm の2本が最初である。以後、1973年の年間伐倒幹材積の最多、1974年の年間伐倒本数の最多を経て、年々減少をたどり、1978年には、122本、 7.6m^3 で以後は記録に残されていない（図-2）。この間の枯損木の総本数3051本、総幹材積 497.8m^3 に達している。現地の記憶では、1979年以後は小径木の枯損木を調査記録することなく、伐倒、駆除作業を続けたが、枯損木は年々減少しすくなかったとの事である。1983年11月には調査区域内で、3、5および6林班に各1本、胸高直径15cm以下の小径木が枯れていたにすぎなかった。さらに、1984年6月には3林班の調査木の1本（胸高直径14.6cm、樹高7.7m）が“持ち越し枯れ”で枯死した。この個体の針葉樹脂道調査では、樹脂道外位率97.8%で、ほぼ直幹の良形の樹齢28年のアカマツであった。この枯死木の梢端部、枝条にはマツノマダラカミキリの後食痕があり、幹からはマツノザイセンチュウが検出された。

マツ枯れ被害初期から1970年までは、被害木の平均単木材積が 0.5m^3 またはそれ以上で、大径木が多く枯れていた。以後、1971年では 0.46m^3 、1972年で 0.40m^3 、1973年で 0.30m^3 と徐々に平均単木材積は小さくなり、枯損木は、大径木より中～小径木に移って行った。1974年には、年間枯損本数は900本と最多になったが、平均単木材積は 0.11m^3 と急に小さくなり、小径木の枯損がとくに多くなった。被害木の年々の毎木調査より胸高直径別の枯損分布を13年間の総枯損本数に対する割合で示すと図-3のようになる。1972年までは胸高直径が50cmを越える大径木が枯れていたが、

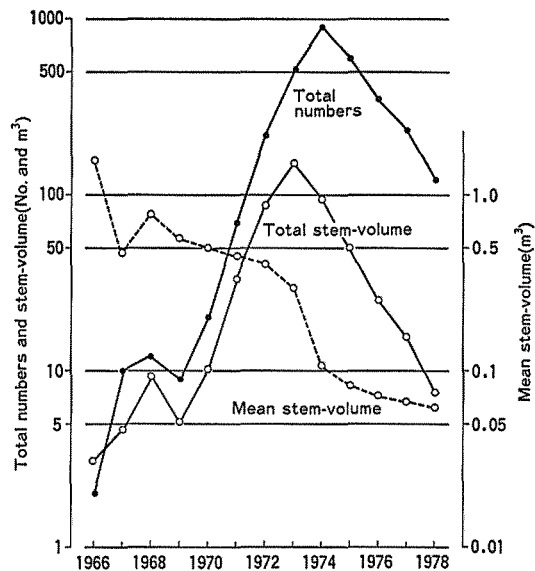


Fig. 2 Annual fluctuation of the total numbers, the total stem-volume and mean stem-volume of withering pines by the pine wilt at Shirahama Experiment Station.

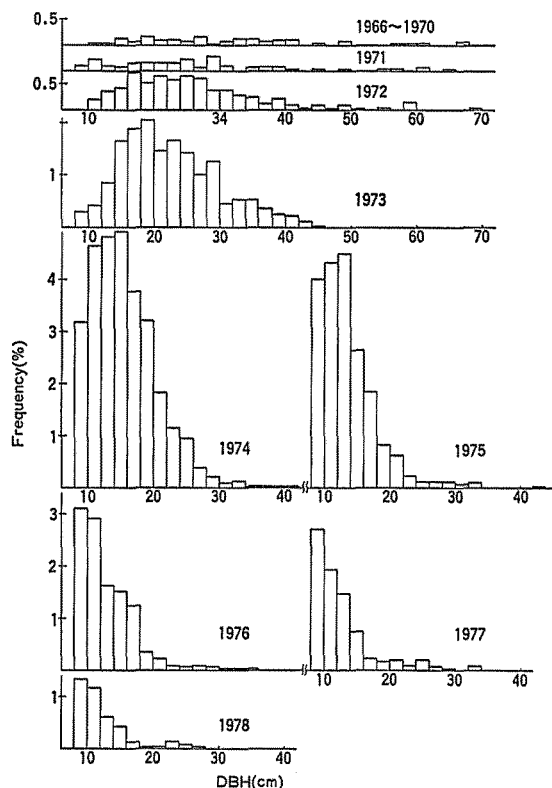


Fig. 3 Frequency distribution of diameter at breast height of withering pines in each year to the total withering.

Table 2. Annually withering pines of 30cm-over diameter at 1~7-compartment of Shirahama Experiment Station

Year																
DBH(cm)	'66	'67	'68	'69	'70	'71	'72	'73	'74	'75	'76	'77	'78	Total	Survivals	
30~40	0	3	5	3	4	10	40	65	10	5	3	2	0	150	9	
40~50	0	0	2	2	2	3	11	12	1	1	0	0	0	34	0	
50 over	1	1	1	0	2	5	8	0	0	0	0	0	0	18	0	

1973年では胸高直径の最大のもので46cm, 1974年は42cm, 1975年は44cmが最大経級枯損木で, 40cm以下, とくに20cm以下の個体が多く枯れている。後述するが, 残存木の最大胸高直径が40cmで, この個体の過去のマツ枯激害時の直径はさらに小さかったはずで, 40cm以上の大径木は1975年までにすべて枯死したことがわかる。ちなみに年毎の大径木の枯損本数を示すと, 表一2のようになり, 胸高直径50cmを越える個体の18本は1972年までにすべて枯れ, 40~50cmの34本は1973年の12本の枯死で, 大部分枯れてしまったことがわかる。30~40cmの大きさでは, 生存木が9本みられるが, 150本も枯れている。これらの生存木もマツ枯れ激害時にはもっと細かったはずである。1978年の枯損木は28cm以下で, とくに枯損木122本の93%にあたる114本は20cm以下の小径木であった。大径木ほど早期に多く枯れ, 次第に中~小径木が枯れてくるマツ枯れの推移が明らかになった。武田・井戸¹⁾も, 1972年にすでに, 激害型枯損の末期症状を呈していた東牟婁郡の海岸沿い地域で, 小径木の枯損が目立っていることを認めている。

各林班ごとの枯損木の年経過は表一3のようになる。白浜試験地の最南端に位置する7林班から被害が拡大してきたようである。全区域にわたる被害は1970年からで, 3年後には被害材積が, 4年後には被害本数が最大になり, 全区域に蔓延したことがわかる。本調査区域において, わずかに2本の被害木がみられた1966年の被害の発生からそのピークまでの9年間で, 本数で約60%材積で約80%が枯損している。

枯損木から, 本調査区域のアカマツ, クロマツの過去の蓄積を推定すると, 6および7林班で, 本数で48%, 材積で60%を占め, とくに2~5林班と6, 7林班で, 単木材積で大きな差がみら

Table 3. Annually withering pines at research area (1~7-compartment)

Compartment	1		2		3		4		5		6		7	
	No.	V (m ³)	No.	V (m ³)	No.	V (m ³)	No.	V (m ³)	No.	V (m ³)	No.	V (m ³)	No.	V (m ³)
Year														
1966	0		0		0		0		0		0		2	3.1
1967	0		2	0.3	0		1	1.0	0		0		7	3.4
1968	0		0		0		0		2	0.3	5	5.1	5	4.0
1969	0		0		0		0		0		4	1.5	5	3.5
1970	4	3.1	1	0.1	1	0.6	4	1.1	0		4	3.0	6	2.1
1971	6	2.3	3	0.3	2	4.4	1	0.7	13	2.8	13	9.1	35	14.0
1972	17	7.4	11	1.6	2	2.0	0		12	2.6	53	27.6	122	46.3
1973	58	16.5	20	2.7	5	1.4	0		38	6.7	129	38.6	258	84.9
1974	107	12.3	170	15.8	72	6.3	66	4.9	122	11.8	193	22.5	170	22.4
1975	78	8.8	100	7.4	52	3.6	56	4.8	121	8.9	125	10.2	64	6.2
1976	17	1.7	45	4.1	50	2.4	29	1.6	76	4.7	101	7.2	30	3.2
1977	4	0.4	20	2.6	39	1.8	48	1.8	44	2.2	55	4.5	24	2.2
1978	4	0.6	18	0.5	10	0.6	12	0.6	28	1.3	35	2.2	15	1.7

れる。単位面積あたりの被害材積は、7林班が約 $55\text{m}^3/\text{ha}$ で最も多く、ついで、1および6林班の約 $33\text{m}^3/\text{ha}$ 、2, 5林班の $16\sim 19\text{m}^3/\text{ha}$ 、3, 4林班の $7\sim 8\text{m}^3/\text{ha}$ で、7林班のアカツ、クロマツが他林班、とくに2～5林班と比べて高い蓄積で存在していたことがわかる。

2-2 伐根調査による過去の林分の推定

5林班の尾根および6林班と7林班の境界の尾根に、それぞれ尾根に沿って巾10m長さ100mの標準地(AおよびB標準地)、さらに7林班に小班の谷に $20\text{m}\times 20\text{m}$ の標準地を2カ所連続して(両者には約1mの間隔があるが $20\text{m}\times 40\text{m}$ の標準地と考える、C標準地)を設けて、過去の被害木の伐根を調査し、その位置と伐採部直径を求めた。伐根は古いものでは、伐倒後10年以上経過し、すでに植生の繁茂でその痕跡をとどめていないものもあると思われ、さらに、AおよびB標準地では、コシダ、ウラジロが一面に密生していたために、見落した伐根の存在も考えられる。

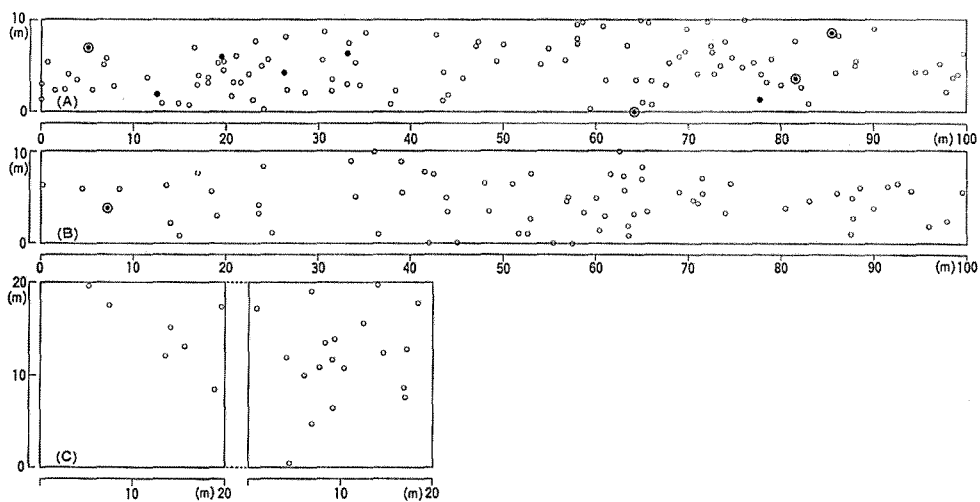


Fig. 4 Stump-maps of withering pines and position of surviving or living pines.

A: A ridge at 5-compartment

B: A ridge of the boundary of 6- and 7-compartment

C: A valley at 7-compartment

○: Stump of withering pine, ⊙: Surviving pine, ●: Living pine

各標準地の伐根は、図一4のようになり、A標準地では、伐根108本、生立木9本で、そのうちマツ枯れ残存木と判定したものは4本である。B標準地は伐根72本、残存木1本、C標準地は伐根のみ26本である。伐根の直径から胸高直径を推定すると、A標準地で胸高断面積合計 $15.2\text{m}^2/\text{ha}$ 、1170本/ha、B標準地で $26.1\text{m}^2/\text{ha}$ 、730本/ha、C標準地で $18.3\text{m}^2/\text{ha}$ 、325本/ha となり、B標準地で蓄積が最も多く、C、Aの順となった。BおよびC標準地から、6, 7林班のかつての高い蓄積が推察される。被害量、被害平均単木材積が大きかった表一3の裏付けとなろう。伐根より推定された胸高直径の分布は図一5のようになる。A標準地では、直径20cm以下の小枯木が95%を占め、B標準地の53%、C標準地の27%に比べて、小径木の比率が高かった。B標準地およびC標準地で推定胸高直径が40cmより大きい伐根が2本ずつみられ、30cmを越えるものはB標準地で11%、C標準地で35%を占め、A標準地に比べて直径の太い個体が多く、斜面中腹下部から凹地形部で大径木がみられた。C標準地附近で、マツの枯損の跡地に進出したと考え

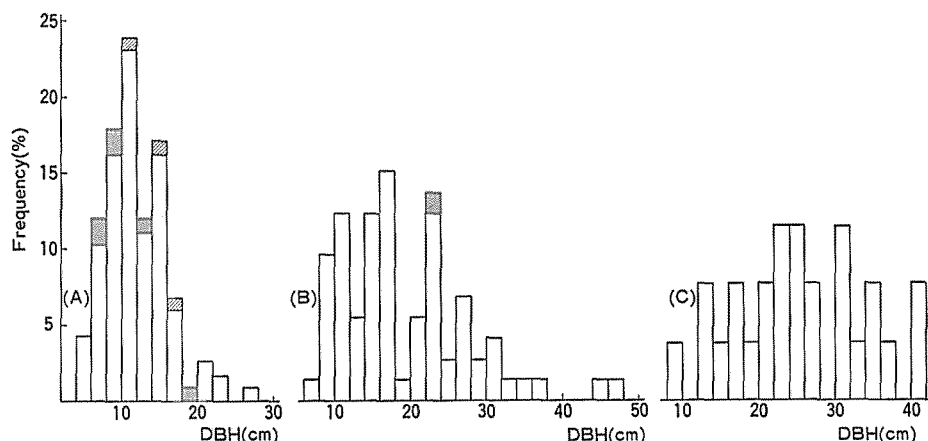


Fig. 5 Frequency distributions of DBH estimated by stump.
□: withering, ■: surviving or living

られるカラスザンショウ (*Fagaya ailanthoides*), アカメガシワ (*Mallotus japonicus*), スルデ (*Rhus javanica*), ヤマハゼ (*R. sylvestris*), ゴンズイ (*Euscaphis japonica*) の樹齢が9~11年と測られ、マツ枯れ激害時期の1972~1974年に、この地へこれらの陽樹が進入したことが明らかにになった。

過去の伐倒木はアカマツ、クロマツを分けていないので、両種がどの程度の割合で混ざっていたかは不明である。A標準地を含む5林班の尾根では、過去にマツタケ (*Tricholoma matsutake*) が多く発生し、大部分がアカマツであった。マツ枯れの激化とともにその発生量も減少し、1974年以後、マツタケは発生していない。6, 7林班では、尾根筋にはアカマツが比較的多く、中腹から下部、谷筋にはクロマツが多かったと思われる。1973年に写されたC標準地附近の7林班の写真(図判I—写真3)では、大部分がクロマツと思われる(カラー原図より判定)。また、区分求積を行った前述の資料木はこの附近で測定され、17本のうち13本がクロマツを計測していることから、アカマツと比べてクロマツが多かったと推察される。さらに、1林班のい小班には、現在はマツ属は1本も残っていないが、被害以前は中~大径木のクロマツが繁っていたことが、当時の写真および著者らの記憶に残っている。クロマツ樹幹のマツノキクイムシ (*Tomicus minor*) の脱出孔、クロマツ新梢のマツノキクイムシ成虫の後食のための穿入孔を写し、被害木がクロマツであった証拠が残っている。

3. 天然生アカマツ、クロマツの生存木

1983年9~11月に、白浜試験地1~7林班の天然林に生存しているアカマツ、クロマツで、

Table 4. Surviving pines in each compartment at research area (Nov., 1983)

Compartment	1	2	3	4	5	6	7
Survivals (No.)	48	67	52	47	64	41	16
Stem-volume (m ³)	0.12	0.09	0.06	0.06	0.07	0.12	0.13



Fig. 6 Map of surviving pines at 1~7-compartment of Shirahama Experiment Station.

- : *P. densiflora* (85~100% as external ratio)
- ⊙ (65~85% ")
- } *P. densi-thunbergii* (35~65% ")
- ⊙ (15~35% ")
- : *P. thunbergii* (0~15% ")

× : Withering from 9, 1983 to 6, 1984

A, B and C: Sample plots of stump surveying

■ : Area of plantation, narsery and others (Area excepted from this study)

1972～1974年のマツ枯れ激害時期に、広葉樹より上方に梢端があらわれ、マツノマダラカミキリ成虫の後食をうけ易い大きさに育っていたと推定された胸高直径8 cm ないし10 cm 以上のアカマツ、クロマツは335本である(表-4)。この生存木は調査区域の全林に散在しているが、天然林単位面積当たり最も多いのは2林班で ha あたり31本、ついで1および5林班で29本、最もすくない7林班ではわずかに4本である。これらの残存木の位置を図-6に示す。

3-1 生存木のアカマツ、クロマツの判定

一般に、外観からアカマツ、クロマツを判定しているが常であるが自然に交雑し易い両種が種として明らかに分離して天然に存在している場合は非常にすくないと思われ、クロマツに近いものをアイグロマツ、アカマツに近いものをアイアカマツ、その中間のものをアイノコマツと呼ばれているように^{10,11)}、自然交配により、両種の間には連続して雑種の個体がみられるものと考えられている。通常アカマツ、クロマツの判定には、アカマツの針葉は細く柔軟、冬芽は細く淡赤褐色、樹皮は赤褐色で、クロマツの針葉は太く剛強、冬芽は太く灰白色、樹皮は暗黒色である外観の特徴を用いている。このような外観的特徴で、本調査木は、18本がクロマツ、他はアカマツと判定された。アカマツと判定したうちの1本は、針葉は比較的柔軟であったが、冬芽がややクロマツ的であった。また、針葉横断面にみられる樹脂道の位置によって両者を分け、樹脂道がすべて葉肉内にあるものをクロマツ、すべて下表皮に接しているものをアカマツとし、その位置に両者がみられるものをアイグロマツ (*P. densi-thunbergii*) としている¹¹⁾。

1982年および1983年に展開した針葉各5本を、それぞれ異った小枝より採取し、針葉中央附近の横断面で樹脂道の位置を顕微鏡で確認した。樹脂道は図-7のように、明らかに葉肉内にあるもの、下表皮に接しているもののほかに、細胞1または2コで下表皮に接している両者の中間型とみられるものが観察された。図-7のAのように下表皮に接している完全な外位、葉肉内のもの(C)を中位とし、Bのような樹脂道を両者の中間型と判断した。この中間型のもは、樹脂道細胞が1コでも下表皮と接し、柵状組織がそれで中断されているために、外位であると解することもできるが、本報告では外位、中位にそれぞれ0.5ポイントずつ配分して樹脂道率を計算した。

このように計算して求めた335本の樹脂道率の分布を示すと図-8のようになり、外位すなわちアカマツと判定されるものが多かった。外

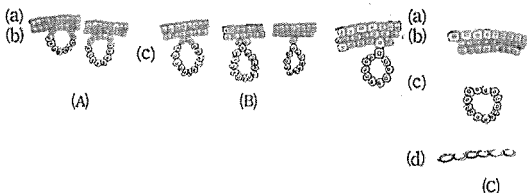


Fig. 7 Position of resin-duct in cross-section of secondary leaf.

A: External, B: Intermediate, C: Medial
a: Epiderm, b: Hypoderm, c: Resin-duct, d: Endoderm

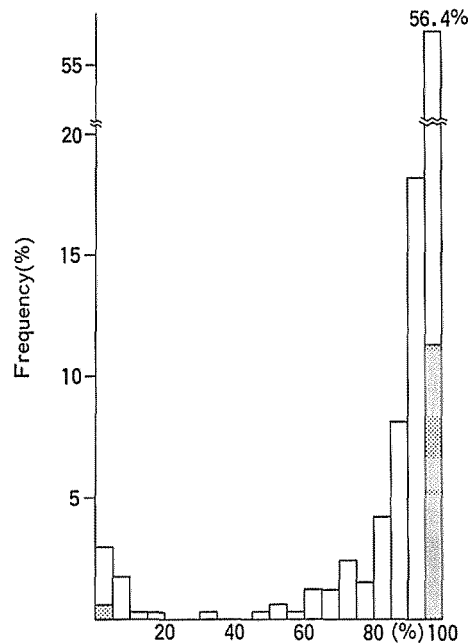


Fig. 8 External ratio to the total resin-duct in cross-section of secondary leaves in each tree.

■: 0% and 100% of external ratio

位率が95%以上のものが、189本で半数以上を占め、85%以上のアカマツが277本で8割を越えた。また、クロマツと判定される外位率15%までのものは17本で5%であった。本調査結果より、アカマツ、クロマツの両端を除く、中間を外位率65~85%のアカマツ的なもの、上原¹⁰⁾、岩田・草下¹¹⁾のいうアイアカマツと考えられるものは31本、9.3%、外位率35~65%の中間のもの、アイノコマツが8本、2.4%、外位率15~35%のクロマツ的なもの、アイグロマツが2本、0.6%と分けられ、この5グループを図-6に記号で示した。アカマツまたはアカマツ的と判定されるものが非常に多く残り、中間のものや、クロマツ的と考えられるものがすくなくかった。とくにクロマツ的と判定されるものがすくなくかったことは興味ある事実である。この2本のうち、1本は樹脂道外位率で16.7%となり、野外調査ではクロマツと判定し、他の1本は外位率は30.6%で、野外調査ではアカマツとしたが、ややクロマツ的とみられたものである。

生存木335本のうち、針葉10本の樹脂道がすべて外位のもの、また中位のものが観察され、外位率100%のものは38本、11.3%、外位率0%のものは2本、0.6%が確認された。針葉樹脂道は、

Table 5. Position and number of resin-duct in each cross-section of secondary leaf of a pine

Leaf No.	Resin-duct	Main resin-duct			Sub resin-duct		
		External	Inter-mediate	Medial	External	Inter-mediate	Medial
1982-1		2			6		2
2		2			6		2
3		2			7		1
4				2	7	1	1
5		1		1	7		
1983-1		1		1	7	1	
2		1		1	7	1	1
3			1	1	7		1
4		2			5	2	1
5		1		1	6		2

同一樹体の針葉でも相当なバラツキがあるといわれ、本調査においても表-5の例のように、主樹脂道は2コとも外位であるのに、副樹脂道は中位のもの2コがみられる針葉や、主樹脂道の1コは中位であるのに、副樹脂道はすべて外位の針葉もみられる。この個体の針葉樹脂道外位率は79.2%である。本調査で樹脂道外位率100%、0%となった個体でも、さらに多くの針葉を観察すれば、樹脂道率が両極端ではなくなる可能性もある。

主樹脂道が中位でも副樹脂道が外位であるために、樹脂道外位率が大きな数字となったものが多数ある。例えば、主樹脂道は2コとも中位で、副樹脂道がすべて外位であった針葉がみられた。本調査で、外位率95%以上のもので、主樹脂道が中位にある針葉をもっているものが33個体もあり、外位率85%以上でアカマツと判定したもののうち、94個体の針葉で主樹脂道が中位にあるものが観察された。さらに、10本の針葉とも主樹脂道が全部中位で、副樹脂道が全部外位であった個体があり、外位率は54.5%で中間型に位置したが、針葉は柔軟で外観は全くアカマツであった。このように主樹脂道だけでアカマツ、クロマツを判定することは困難と考えられる。

岩田・草下¹¹⁾はアカマツ、クロマツの判定を針葉樹脂道のほか、下表皮細胞の出現の違いを指摘し、クロマツの下表皮は、全周を通じ2層で、角隅で4層に、アカマツは1層で角隅で2~3層に、アイグロマツ（アイアカマツ、アイノコマツ、アイグロマツ）は1層で、角隅以外は2層

にならないと述べている。本調査木の針葉の下表皮細胞は、図一8の針葉樹脂道外位率0~20%のものは、全周2層で角隅では多層に発達していた。外位率45~100%のものは1層で角隅のみ2層みられた。ただ図一8で、30~35%に示した外位率30.6%と計算された個体は、全周で1層の部分と2層の部分がみられ、下表皮細胞の出現と外観で判断したアカマツとクロマツが良く一致した。

以上のように、白浜試験地1~7林班の残存木は、大部分がアカマツと判定され、クロマツまたはクロマツに近いものは約5%で、非常にすくなかった。調査区域において、マツ枯れ被害木のアカマツ、クロマツが区別して記録されていないので、両種がどの程度の割合で存在していたかは不明である。しかし、1林班のい小班、7林班のC標準地附近などの写真、著者や現地職員の記憶ではクロマツがはるかに多かった。5林班の尾根などはアカマツが多かったが、全区域にクロマツの占める比率は、残存木にみられる比率より大きかったことは事実であろう。

マツノザイセンチュウ接種試験³⁾で、アカマツはクロマツに比べて抵抗性をもっていることは明らかで、本調査区域においても、アカマツまたはアカマツ的な個体が多く残存していることは、より抵抗性の弱いクロマツが多く枯れ、両種のマツノザイセンチュウに対する抵抗性の違いがあらわれているのであろう。

3-2 生存木の大きさ、樹形

調査区域では、大径木がマツ枯れ激害時にほとんど全部枯れてしまったことはすでに述べた。生存木の胸高直径および樹高の頻度分布を示すと図一9のようになる。胸高直径20cm以下が81%、樹高が8m以下のものが72%を占め、小径木で樹高の低いものが多く残っている。それぞれの針葉樹脂道率のものが各樹高階でみられるが、胸高直径26cm以上の残存木はアカマツで、樹

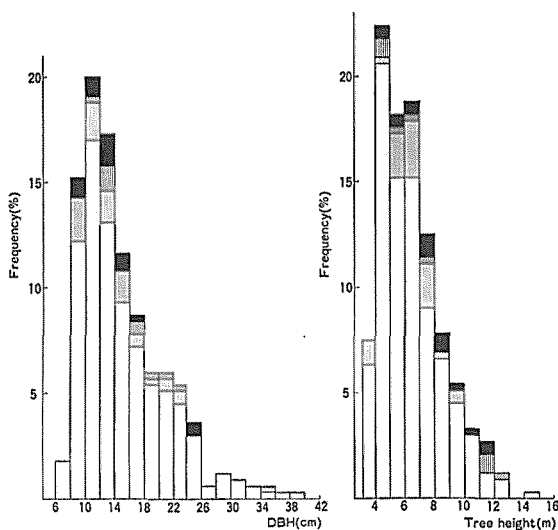


Fig. 9 Frequency distributions of DBH and tree height of surviving pines.

□: *P. densiflora* (85~100% as external ratio)
 ▨ (65~85% ")
 ▤ *P. densi-thunbergii* (35~65% ")
 ▧ (15~35% ")
 ■: *P. thunbergii* (0~15% ")

The marks apply in Fig. 10, too.

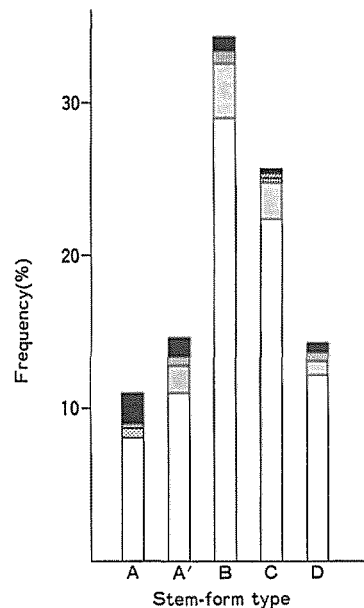


Fig. 10 Frequency distribution of stem-form type of surviving pines.

A: Straight, B: Crook (small), C: Crook (large), D: Fork and many forks

脂道外位率15%までのクロマツは17本中11本の胸高直径が14cm以下の細いものであった。

樹形とくに幹形を太さに関係なく、A：通直なもの、B：少し曲がっているもの、C：大きく弯曲しているもの、D：曲がりかたが2、3回みられるものや2又、多幹のものに分け、A'：通直に見えるがよくみると少し曲がっているもの、をAとBの間に設けて、5ランクで観察した。残存木の幹形は図-10のような割合でみられた。

通直な良い幹形のものはおおよそ1/6で、少し曲がりかたはみられるがほぼ通直とみられるものを加えても全体の1/4で、残りの3/4は幹が大きく曲がったり2又で樹形の悪い個体である。

残存木には枯れ枝がみられるものが多く、枝の基部直径で5cm以上の枝が枯れたまま残っている個体や梢端の枯れたもの、2又の一本が枯れているものもみられた。小枝の枯れを含めると、全調査木の約8割に枯枝がみられた。一部の枯れ枝にはマツノマダラカミキリ成虫の脱出孔がみられる。この枯れ枝は、マツノマダラカミキリ成虫の後食による枯死、マツノザイセンチュウによる部分枯れと考えられる。この部分枯れは、マツノザイセンチュウ接種試験においてすでに確認され、接種翌年には、この部分からマツノザイセンチュウが検出されている³⁾。本調査で一部個体の枯れ枝(10個体)で、マツノザイセンチュウの検出を試みたが、枯れてからの年月が経過しているためか、確認することはできなかった。新しい枯れ枝を採取することができなかったので、今後この点に関して再調査確認する必要がある。

3-3 生存木への過去におけるマツノザイセンチュウ侵入の可能性

マツノザイセンチュウの検出が生存個体、健全部分からは不可能であることは、その接種試験において確認されている³⁾ので、本調査木についても生きている部分からの検出は試みなかった。マツノザイセンチュウ抵抗性個体の選抜の第一歩として、過去のマツ枯れ激害地域の残存木を調査したが、過去におけるマツノザイセンチュウの樹体内侵入の確認はない。一般に、マツ枯れ激害地の残存木で、マツノザイセンチュウ抵抗性個体の選抜がひろく行われていることは、すでに枯れてしまった周囲の個体と同様に、マツノマダラカミキリの成虫が後食し、マツノザイセンチュウが侵入したものとの前提がある。本調査においても、過去に被害木が3000本を越え、500m³にもおよぶ本数で90%、材積で95%に達したマツ枯れ激害地域であったことで、この一般的な前提と同様に、マツノザイセンチュウの過去における侵入を推察する。マツノザイセンチュウに抵抗性で生き残っているテーダマツ (*P. taeda*)、スラッシュマツ (*P. elliotii*) に、1977年、1978年の調査で多数の後食痕が確認され¹²⁾、さらに、樹体下部の枝条の観察、針葉樹脂道調査のために折った枝条などの観察により、調査木すべてにマツノマダラカミキリ成虫の後食痕が多数みられたこと、1983年の調査では生存していたが、1984年6月に枯れた個体の幹からマツノザイセンチュウが検出されたことなどから、本調査木には、過去にマツノザイセンチュウは侵入したものと考えられる。

本調査木を、過去に一度は、マツノザイセンチュウ侵入の洗礼をうけ、樹体の一部、枝条を枯らしながらも生存しているものと考え、マツノザイセンチュウ抵抗性個体の一次候補木としてリストアップした。

あ と が き

マツ枯れ激害地であった白浜試験地1～7林班の天然林において、残存木を調査し、マツノザイセンチュウ抵抗性個体選抜の第一歩として本報告をまとめたが、すでに、一部個体についてはツギ木により、種子により、後継樹の育成をはじめている。金光⁹⁾が実施したような現地でのマツノザイセンチュウ接種が不可能な現状では、これら後継樹の接種試験による検定を繰り返さな

い限り、本当の抵抗性個体は見出されないであろう。現地においても、今後も枯れる個体があらわれると思われる。後継樹の生育状況、樹形も調査しなければならない。現地における継続観察とともに、後継樹による諸検定、調査を、今後も続ける予定である。

文 献

- 1) 武田丈夫・井戸規雄：和歌山県におけるマツノザイセンチュウの分布，日林関西支講，**24**，163～166 (1973)
- 2) ———・—————：マツノザイセンチュウの分布とマツ枯損の拡散，日林関西支講，**25**，263～266 (1974)
- 3) 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 (1979)
- 4) 古野東洲：外国産マツ属の虫害に関する研究 第7報 マツノザイセンチュウにより枯死したマツ属について，京大演報，**54**，16～30 (1982)
- 5) ———・二井一禎：マツノザイセンチュウ接種クロマツの生育——とくに生存木の生育について，93回日林論，409～410 (1982)
- 6) ———・—————：マツノザイセンチュウ接種マツ属の生育，とくに接種後3年間の生育について，京大演報，**55**，1～19 (1983)
- 7) 大庭喜八郎：マツノザイセンチュウ抵抗性育種の概要（九州・関西地区），林木の育種，**112**，45～48 (1979)
- 8) 金川侃：マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業の概要（茨城県），林木の育種，**112**，49～51 (1979)
- 9) 金光桂二：松の材線虫病にたいして抵抗性を有するアカマツ・クロマツの選別，昭和58年度科研成果報告書，1～22 (1984)
- 10) 上原敬二：樹木大図説 第一巻，有明書房 (1971)
- 11) 岩田利治・草下正夫：邦産松柏類図説，産業図書KK (1952)
- 12) 古野東洲・上中幸治：外国産マツ属の虫害に関する研究 第6報 マツノマダラカミキリ成虫の後食について，京大演報，**51**，12～22 (1979)

Résumé

In the seacoast district of Wakayama prefecture, the greater part of pines, *P. thunbergii* and *P. densiflora*, were killed by the pine wilt caused by pine nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*.

This study was initiated in 1983 in order to list up surviving pines as resistant trees against the pine wilt at natural stands of 1～7-compartment in Shirahama Experiment Station located in the heaviest damaged area in Wakayama prefecture.

According to data of the felling and the medical spray to withering pines in this Station, the felling of two killed pines were put on first record in 1966. The climax of the killed pines by the pine wilt was observed from 1972 to 1974, the total withering pines were counted 3,051 trees, and were calculated 497.8m³ in stem-volume for thirteen years from 1966 to 1978. All large diameter pines over 40cm in DBH were killed.

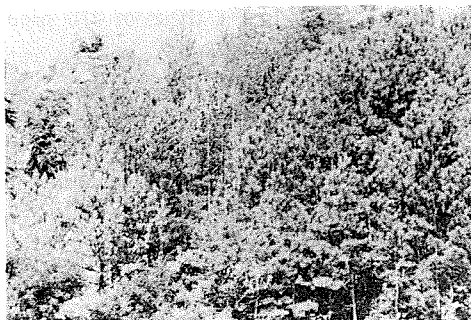
335 pines were survived in this research area in 1983, and by external characters, 18 pines were specified *P. thunbergii* and the others were specified *P. densiflora*.

If these pines were classified by the position of resin-duct in the cross-section of the secondary leaf, 277 pines showed 85～100% in external ratio of resin-duct were specified *P. densiflora*, 17 pines of 0～15% in ratio were specified *P. thunbergii*. Other 41 pines, that is, 31 pines of 65～85%, 8 pines of 35～65% and 2 pines of 15～35%, were specified *P. densi-thunbergii*.

There were observed the hypoderm arranged one or two row of cells in the cross-section of leaf. The hypoderm of 18 pines arranged two row of cells, these of 316 pines arranged one row of cells and the leaves of other one pine had both of one or two row. The specify of *P. densiflora* and *P. thunbergii* by observations of the hypoderm considerably accorded with that by the external characters.

The greater part of surviving pines have kept withering branches and twigs. In June, 1984, one pine among 335 surviving pines in 1983 withered by the pine wilt.

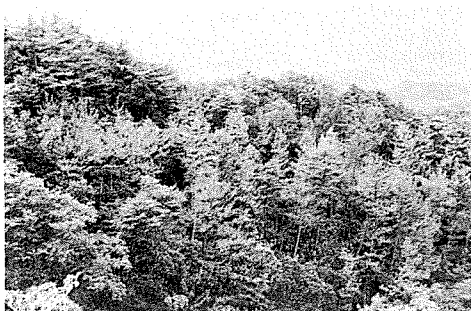
334 pines will be observed continuously on resistant tree or non-resistant against the pine wilt for the future.



(1)



(2)



(3)



(4)



(5)

Plate I Past and present view of a part of research area

Photo. 1 (Oct., 1974) and Photo. 2 (Jun., 1984) : 2-compartment

Left side: Japanese red and black pine stand

Right side: Loblolly pine stand

Surviving pine: *P. densiflora*, External ratio of resin-duct: 99.0%, DBH: 21.5cm, H: 12.3m

Photo. 3 (Oct., 1973) and Photo. 4 (Jun., 1984) : 7-compartment

Photo. 5 Maturation feeding-marks of Japanese pine sawyer and dead twigs on the branch of surviving *P. densiflora* (external ratio: 95.6%)

Plate II Various tree-form of surviving pines (Oct., 1983 or Jun., 1984)

Photo. 1 *P. thunbergii*, External ratio: 6.7%, DBH: 14.5cm, H: 11.2 m and Stem-form: B

Photo. 2 *P. densi-thunbergii*, 30.6%, 21.9cm, 6.3m and C

Photo. 3 *P. densiflora*, 93.4%, 21.1cm, 10.2m and A

Photo. 4 *P. densiflora*, 94.8%, 13.9cm, 6.0m and B

Photo. 5 *P. densiflora*, 100%, 24.5cm, 6.8m and B

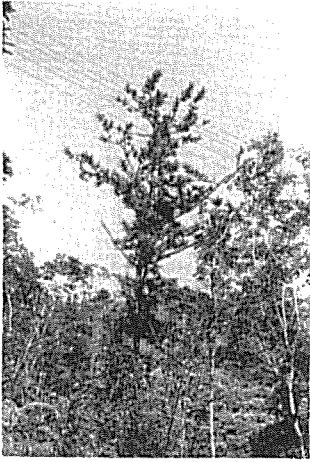
Photo. 6 *P. densiflora*, 96.2%, 21.4cm, 8.3m and A

Photo. 7 *P. densi-thunbergii*, 64.5%, 12.6cm, 4.8m and D

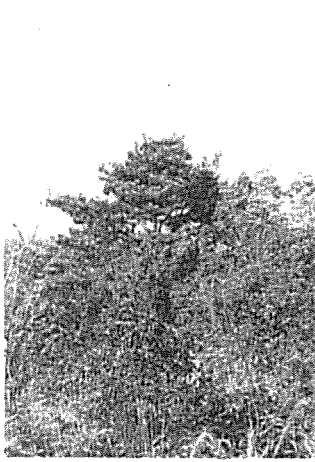
Photo. 8 *P. densiflora*, 100%, 21.0cm, 5.0m and C

Photo. 9 *P. densi-thunbergii*, 69.1%, 15.1cm, 7.2m and B

Plate II



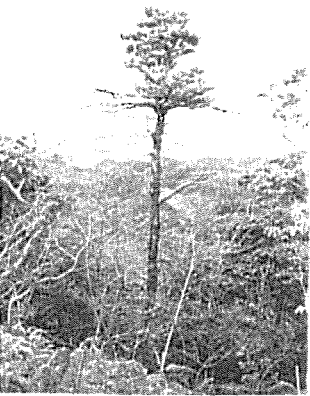
(1)



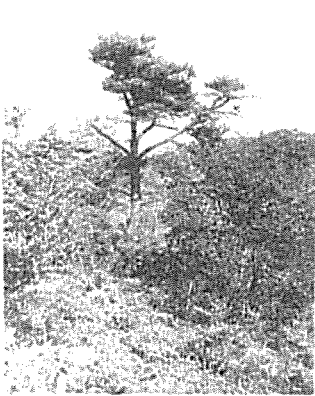
(2)



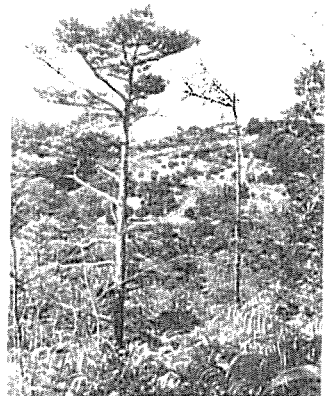
(3)



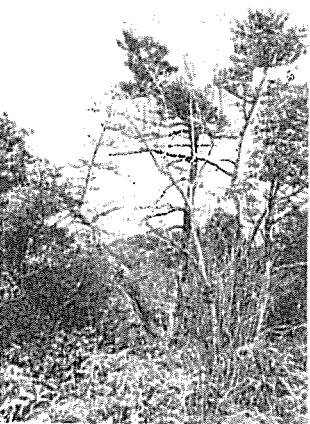
(4)



(5)



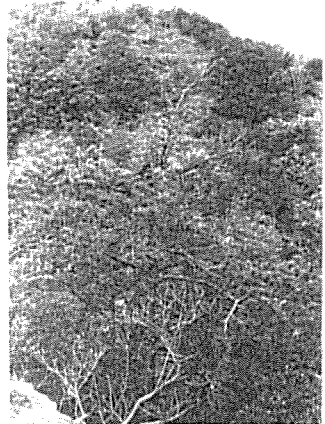
(6)



(7)



(8)



(9)