

カラマツ先枯病に関する研究 IV

先枯病の発生、蔓延と気象

横 田 俊 一⁽¹⁾
鶴 田 武 雄⁽²⁾
鈴 木 孝 雄⁽³⁾

I ま え が き

カラマツ先枯病の発生は、とくに風衝地におおく、またそのような場所では病勢の進行もはなはだしいことは、ここ数年来経験的に知られてきている(伊藤^{12)~18)}、松井¹⁷⁾、佐々木²²⁾、佐藤²³⁾²⁴⁾、佐藤ら²⁵⁾²⁶⁾、横田^{32)~34)36)~38)}。しかし、風と先枯病の発生との関係に関する具体的な報告はきわめてとぼしく、わずかに数編をかぞえるにすぎない(青木ら¹⁾、加藤ら¹⁵⁾、中川ら¹⁸⁾、岡本ら²⁰⁾、佐藤ら²⁷⁾、横田ら³⁵⁾、横田³⁹⁾)。

これらのうち、中川ら¹⁸⁾、岡本ら²⁰⁾、横田ら³⁵⁾、横田³⁹⁾は主として造林地の地勢、地形別に先枯病の発生と被害程度が異なり、その最大の原因として風の当たりかたのちがいをあげている。加藤ら¹⁵⁾は苫小牧地方の平坦地のなかで、たまたま残存している保護樹帯(旧御料林時代の交互帯状皆伐方式の名残り)の風下側は先枯病の被害が軽く、これは風から保護された結果であろうとのべている。佐藤ら²⁷⁾は東北地方のカラマツ造林地において発病と環境との関係を調査した結果、風衝地形の林分では風の弱いところにくらべてはなはだしく被害がおおく、また他樹種に囲まれて孤立した小面積の林分では被害がすくないことを明らかにした。

これらの報告から、先枯病の発生およびまん延を左右する条件としては、風がまずとり上げられねばならぬことが知られる。そこで筆者らは、カラマツ造林地内の風を主体とする気象観測をおこなって、先枯病の発生と被害の推移の状態と、風の当たりかたとの関係を具体的に検討すると同時に、尾根筋の風衝地に防風柵を設置して内部の風をできるだけとり除いた場合の先枯病の発生を、柵外のものと比較して、先枯病と風との関係を明らかにしようとした。本試験は開始して3年を経過し、先枯病の発生は明らかに風と密接な関係を有することがわかったので、ここにその概要を報告する。

本稿を草するにあたり、社有林の一部を提供され、積極的に協力して下さった三菱鉱業株式会社ならびに同社早来駐在員中野末吉氏に心から感謝する。また、たえずご指導をいただくとともに、原稿のご校閲を賜った本場保護部樹病科長伊藤一雄博士、1963年の雨量の資料を提供していただいた苫小牧測候所、試験地の土壌調査をしていただいた当支場造林部土壌研究室塩崎正雄技官、地形図作製にご足労をわずらわせた同経営部防災研究室遠藤泰造技官、同勝見精一技官、調査および資料の整理に協力していただいた当支場保護部樹病研究室小野馨室長、同遠藤克昭技官、同松崎清一技官、同中川玲子事務官らに対しても厚くお礼申し上げる。

(1) 北海道支場保護部樹病研究室員

(2)(3) 北海道支場経営部防災研究室員

II 試験地の概況

A. 試験地の位置

本試験地は、三菱鉱業株式会社早来山林2林班の一部で昭和35年の春植栽され、苫小牧のやや東北方、勇払郡早来町字新栄に位置する。太平洋岸からは直線にして16km内外のところにある(Fig.1)。

B. 試験地の地形

Fig.1に示すように、本試験地は太平洋岸から直距離にして約16kmほどあるが、その間は勇払原野でまったく平坦である。社有林はこの原野がつきて丘陵地形となるところからはじまっているが、試験地はこの社有林の南端にあるので、もっとも海岸に近く、海岸方向から吹く風をまともにうける位置にある。

地形は丘陵性であるが、かなり起伏ははげしい。Fig.1にみられるように、東西方向に尾根が走り、これに並んで南北に小尾根が走り、その間に沢が挟まっている。この地域は西方が厚い広葉樹の2次林で、東方がうすい広葉樹の帯で区画されており、試験地の面積は東西約180m、南北約250m、面積はおおよそ4.5haである。試験地内の標高は最高70m、最低50mで、約20mの標高差がある。

また、防風柵を設置した場所はFig.1の南方約300m、東西に走る尾根の突端部に標高約60m、周囲の地形はFig.1に示されるとおりほとんど同様の丘陵地形である。

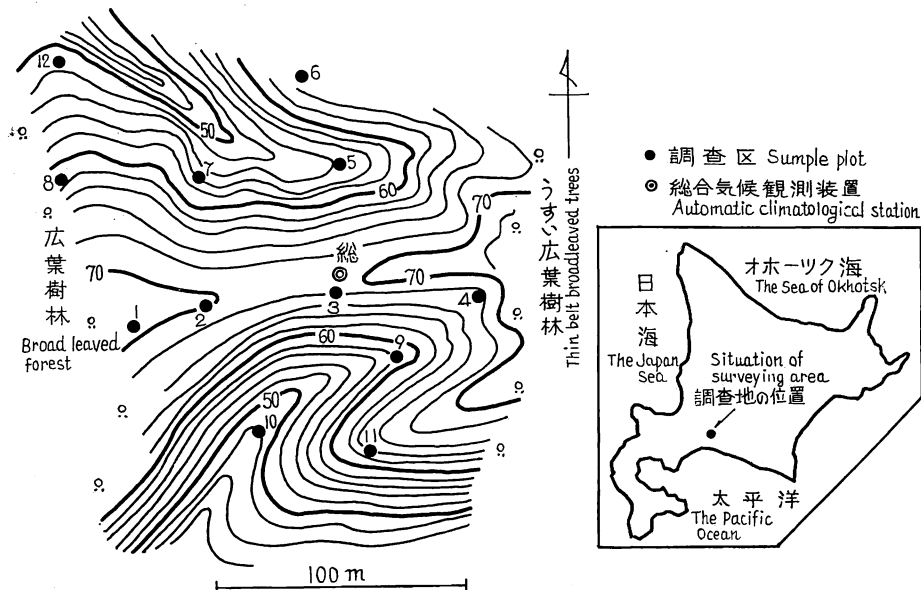


Fig.1 調査地域の地形、調査区的位置、総合気候観測装置の位置
Topography, position of sample plot and automatic climatological station.

C. 試験地の土壌

調査箇所はFig.1のNo.3(尾根)とNo.5(沢)の中にとった。

当支場土壌研究室塩崎技官の調査結果はFig.2およびTable 1,2に示すとおり、沢筋は尾根筋よりも一般に湿っており、全孔隙量も大きな値を示しているが、これらはその位置から当然のことであって、その差を林木の成長および罹病程度のちがいと関連づけることは疑問であるということである。

Table 1. 土 壌 断 面 の 記 載

Description of profile.

a) 尾根 Upper flat

層 位 Horizon	厚 さ Depth cm	色 Color	腐植含量 Humus	石 礫 Gravel	土 性 Texture	構 造 Structure	緊密度 Compact- ness	水湿状態 Moisture condition
F	1.0							
A ₁	4.0	黒 褐 blackish Br	頗 富 very rich	な し	砂壤土 SL	団粒状 cr	鬆 loose granular	潤 moist
A ₂	5.0	〃	富 rich	〃	砂 土 S	粒 状 gr	軟 soft	〃
B	8.0	茶 褐 light Br	乏 rare	浮石 cm (0.2~0.3) pumice- stone	〃		〃	〃
II	9.0	灰黄褐 grayish Y-Br		〃	〃		〃	〃
III	6.0	黒 褐 blackish Br	富 rich	〃	〃		〃	やや湿 wet
IV	4.0	灰 白 grayish white		浮石 (0.3~0.5) pumice- stone	〃		〃	〃
V	10(+)	〃		〃	〃		〃	〃

b) 沢 Bottom site

F	0.5							
A ₁	5.0	黒 褐 blackish Br	頗 富 very rich	な し	埴壤土 CL	団粒状 cr	鬆 loose granular	潤 moist
A ₂	6.0	〃	〃		砂壤土 SL	粒 状 gr	軟 soft	湿 wet
II	8.0	灰黄褐 grayish Y-Br	乏 rare	浮石 cm (0.2~0.3) pumice- stone	砂 土 S		〃	〃
III	5.0	黒 褐 blackish Br	富 rich	〃	〃		〃	〃
IV	9.0	灰 白 grayish white		〃	〃		〃	〃
V	15(+)	〃		浮石 (0.3~0.5) pumice- stone	〃		〃	〃

(塩崎正雄技官による。)

III 試 験 の 方 法

A. 気象因子(主として成長期間の風)と発病との関係

この試験のためには、Fig. 1 に示す 12 の地点を地形別に 1961 年秋に選定した。これは地形のいかんによって、風の当たりかたがちがうことがおもな理由である。

風の測定のために、各地点(以下調査区とよぶ)の中央部に、樹高とほぼ同じ高さに理工研型小型ロビンソン風速計を設置し、とくに風当たりの強いと思われる尾根筋には大型ロビンソン風速計を設置した。風の観測は、カラマツの成長期間 6 月から 9 月まで、適宜おこなった。この際、10 分間の同時観測をく

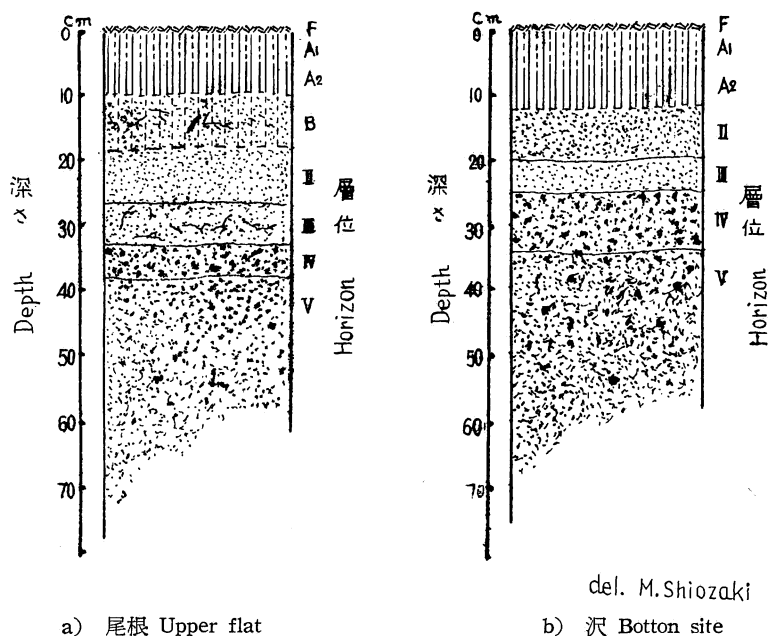


Fig. 2 土 壌 断 面
Soil profile.

Table 2. 土 壌 の 理 学 性
Physical properties of soil.

調査地 Sample plots	層 位 Horizon	細土 Fine soil %	礫 Gravel %	根 Root %	採取時 水分 Moisture content of fresh soil %	最 小 容気量 Air minimum %	最 大 容水量 Water holding capacity %	全孔隙 Total soil porosity %	細孔隙 Fine soil porosity %	粗孔隙 Rough soil porosity %
沢 Bottom site	A ₁	11.7	0	1.1	48.6	18.4	20.2	87.2	33.7	53.5
	A ₂	17.1	0	1.8	48.4	15.0	17.7	81.1	31.7	49.4
	II	30.0	0.6	3.8	32.2	16.3	17.1	65.6	20.7	44.9
尾 根 Upper flat	A ₁	13.8	0	1.7	40.5	25.5	18.5	84.5	32.8	61.7
	A ₂	27.5	0	1.4	35.9	14.5	20.7	71.1	26.9	44.2
	B	33.1	0.9	1.7	31.6	14.0	18.7	64.3	18.6	45.7

(塩崎正雄技官による。)

り返しおこなって、各調査区における 10 分間の平均風速を記録した。

これと並行して、調査区 No.3 と歩道をはさんで尾根筋に、総合気候観測装置を設置して、カラマツの成長期間内の風向、風速、気温、雨量その他の気象条件を記録して、気象条件解析の資料をうることにした (Plate 1, C)。12 の調査区における風の同時観測は 1962 年におこない、総合気候観測装置による記録は 1962, 1963 の 2 年間おこなった。

先枯病の発病と推移の状況は、1 調査区 20 本のカラマツに番号を付し、これを毎年秋に調査することとし、1961 年は試験地の設定と同時に罹病状況と樹高を記録した。

罹病状況の記録は、1961 年設定当初は、造林木も小さかったので、全罹病個所数を、頂枝と側枝に大分けたのち、それぞれ先端部、中間部、2 次成長した小枝 (以下 2 次枝とよぶ) の各部に分けて記録したが、2 年目以降は、斎藤²¹⁾および五十嵐⁶⁾の調査法に準じ、頂枝および側枝の上から 5 本の計 6 本の

当年生枝に限定して、それぞれの各部分の罹病個所数を記録し、さらに、木全体の罹病程度を罹病指数(0:健全, 1:微害, 3:中害, 5:激害)で表わすこととした。なお同時に樹高も記録して、調査区ごとの成長状況を知る資料とした。

罹病状況および成長状況の調査は、秋季、カラマツの成長がほぼ停止し、かつ先枯病の被害も出つくす時期(ほぼ10月上旬ころ)に実施した。

なお、各調査区に温度計を固定して、毎日午前9時~10時の間に気温を測定して、成長をみる場合の参考とした。

B. 風の影響をとり除くために設置した固定防風柵の効果

Aの場合とは逆に、尾根筋の風衝地で、風をさえぎった場合、先枯病の発生にどのような影響が現われるかを明らかにするために、1961年11月に、固定防風柵を設置した。

防風柵の大きさは、30m×30mの正方形とし、2辺を南東、他の辺は北西向きとした。これは、常風が南東風であることを考慮したためである。高さは約4mで、ネマガリダケを編んで2段にしてとりつけた(Plate 1, A, B)。

1961年11月設定当時は、本病原菌が、無傷のカラマツ新梢に対しても感染能力のあることが知られておらず、柵内には激~中害木も、かなり多数あったが、そのまま放置しておいたため、翌1962年秋の調査では防風柵の効果はあまり明りょうにはみとめられなかった。そこで1963年5月中旬カラマツが芽をふいた直後に、柵内の昭和35年春植栽のカラマツのうち、健全木および剪定可能なもの(微~中害木)を剪定し、剪定不可能なものはとり除いて伝染源をできるだけ少なくし、その空間には2年生の補植苗をうえこんだ。また、防風柵から約50mはなれた同じ尾根筋の一部を20m×20mの大きさに皆伐して、柵内にうえたと同様の補植苗をうえこんで、対照区とした。これらの苗木にはそれぞれ番号を付して、連続的な観察をおこなえるようにした。

防風柵によって、風がどの程度さえぎられるかをみるために、防風柵の内部9か所に、等間隔に理工研型小型ロビンソン風速計を設置し、また対照区にも中央に同じロビンソン風速計を設置し、適宜10分間の同時観測をおこなって、風速の比較をした。ただし、風速計の高さは、柵内は1960年春植栽のカラマツの樹高を標準としたのに対し、対照区は補植苗木の高さよりもやや高めを標準にしたので、柵内の方がかなり高い位置となった。

調査はAと同様、10月に罹病状況と、成長状況とを、Aの場合の2年目以降の調査法に準じて調査した。防風柵内の1960年植栽のカラマツに対する対照区は、伝染源を除くことが困難であったので設定できなかった。したがって、柵の影響のないと思われる尾根筋で、頂枝の罹病していないのをえらんで樹高と当年伸長量を測定して、柵内外の成長状況の比較をおこなった。

IV 調 査 結 果

A. 気象因子と発病

1. カラマツの成長期間における各調査区での風の当たりかた

総合気候観測装置の記録から換算する資料をうるために、1962年5月下旬から、同9月下旬まで数日間、10分間の同時観測をおこなって、各調査区における風の当たりかたを測定した。結果はTable 3に示すとおりである。

Table 3. 各調査区における同時観測による 10 分間の
Mean wind velocity in 10-minute-interval

調査区 の位置 Position of plots	調査区 の番 号 Number of plots	観 測 月 日 Date of observation					
		25/VI	2/VII	9/VII	16/VII	23/VII	13/VIII
尾 根 Upper flat	1	(2) 1.4	—*	(3) 6.7	(6) 1.4	(8) 4.8	(6) 4.3
	2	(2) 3.9	(1) 3.8	(5) 7.3	(6) 1.4	(8) 5.7	(6) 6.0
	3	(2) 1.7	(1) 2.4	(5) 6.0	(6) 3.1	(8) 6.6	(6) 5.6
	11	(2) 3.5	(1) 3.2	(5) 4.8	(6) 3.0	(8) 5.3	(6) 4.4
中腹または くぼみ Middle slope or concave	4	(2) 1.9	(1) 1.1	(5) 0.6	(6) 2.1	(8) 1.5	(6) 0.6
	7	(1) 2.2	(1) 0.5	(5) 1.6	(6) 0.8	(8) 1.1	(6) 1.0
	8	(1) 2.0	—*	(5) 1.5	(6) 0.1	(8) 0.9	(6) 0.8
	12	(1) 1.6	(1) 1.1	(4) 2.6	(6) 1.0	(8) 1.9	(6) 2.0
沢 Bottom site	5	(1) 2.4	(1) 1.0	(5) 1.9	(6) 1.3	(8) 2.0	(6) 1.1
	9	(2) 1.3	(1) 1.3	(5) 1.7	(6) 1.4	(8) 1.4	(6) 1.0
	10	(2) 1.5	—*	(4) 3.0	(6) 1.9	(8) 2.7	(5) 2.8
風向 Wind direction		NW	SE	SE	S	SE	SE
観測時間 Interval of observation		15 : 30	15 : 30	12 : 20	12 : 50	12 : 30	13 : 00
		16 : 00	15 : 40	15 : 35	15 : 00	15 : 00	15 : 00

() : 観測回数 Number of the repeat of observation.

* 機械故障による欠測

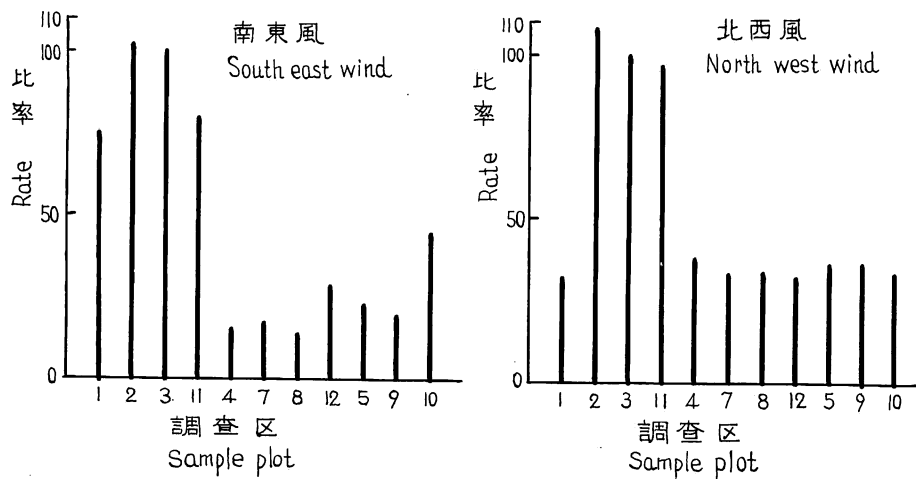


Fig. 3 各調査地における風の当たりかた (No. 3 を 100 とした場合)

The rate of wind in each sample plot (No. 3=100).

Table 3 から、尾根筋の調査区は中腹あるいは沢筋の場合よりも、はるかに風の当たりかたがつかいことが知られる。観測された風向は、ほとんどが南東風で、北西風がこれについている。このことは、あとでのべるように、南東風はこの地方の常風で北西風が次多風向であることから、当然の結果と考えられる。沢筋では調査区 No. 10 が南東風の場合、尾根筋について風当たりがつかいが、これは Fig. 1 にみられるように、この方向の風は No. 10 に集まってくるような地形になっていることが原因になっていると考えられる。

これらの風の当たり方を、調査区 No. 3 を規準として（総合気候観測装置の位置の関係で No. 3 を規

平均風速 (m/sec) (1962 年)

by simultaneous observation in each sample plot (1962).

20/VIII	3/IX	24/IX	観測回数 Repeat of observation	SE		S		NW	
				平 均 Mean	比 率 Ratio	平 均 Mean	比 率 Ratio	平 均 Mean	比 率 Ratio
(3) 2.1	(4) 2.8	(9) 1.2	41	4.2	0.75	1.4	0.45	1.2	0.32
(3) 4.7	(4) 4.8	(9) 4.2	44	5.7	1.02	1.4	0.45	4.1	1.08
(3) 5.1	(4) 4.5	(9) 4.3	44	5.6	1.00	3.1	1.00	3.8	1.00
(3) 4.0	(4) 3.7	(9) 3.7	44	4.5	0.80	3.0	0.97	3.7	0.97
(3) 1.1	(4) 0.4	(9) 1.4	44	0.9	0.16	2.1	0.68	1.5	0.39
(3) 0.4	(4) 0.4	(9) 1.2	43	1.0	0.18	0.8	0.26	1.3	0.34
(3) 0.2	(4) 0.3	(9) 1.2	42	0.8	0.14	0.1	0.03	1.3	0.34
(3) 0.3	(4) 0.3	(9) 1.1	42	1.6	0.29	1.0	0.32	1.2	0.32
(3) 0.5	(4) 0.2	(9) 1.3	43	1.3	0.23	1.3	0.42	1.4	0.37
(3) 0	(4) 0.6	(9) 1.4	44	1.1	0.20	1.4	0.45	1.4	0.37
(3) 1.8	(4) 1.7	(9) 1.3	41	2.5	0.45	1.9	0.61	1.3	0.34
SE	SE	NW							
13 : 45	13 : 20	12 : 00							
14 : 45	14 : 30	15 : 00							

Could not be observed.

Table 4. 調査区 No.3 の風向, 風速に対する総合気候観測装置の風向と風速 (1962)

Comparison of wind direction and velocity recorded by automatic climatological station with those in sample plot No. 3.

観測日 Date of observa- tion	調 査 区 No. 3 Sample plot No. 3				総合気候観測装置 Auto-recording climatograph			風 速 比 Ratio of wind velocity
	観 測 時 間 Interval of observation	風 向 Wind direction	平均風速 Mean wind velocity	観測回数 Repeat of observa- tion	時 間 Interval	風 向 Wind direction	平均風速 Mean wind velocity	
25/VI	15 : 30~16 : 00	NW	1.7	2	15 : 30~16 : 00	NW	17.3	※
24/IX	12 : 00~15 : 00	NW	4.3	9	12 : 00~15 : 00	NW	19.2	≐ 1/4
2/VII	15 : 30~15 : 40	SE	2.4	1	15 : 30~15 : 40	SE	12.0	※
9/VII	12 : 20~15 : 35	SE	6.0	5	12 : 20~15 : 35	SE	20.6	≐ 1/3
23/VII	12 : 30~15 : 00	SE	6.6	8	12 : 30~15 : 00	SE	20.2	≐ 1/3
13/VIII	13 : 00~15 : 00	SE	5.6	6	13 : 00~15 : 00	SE	17.0	≐ 1/3
20/VIII	13 : 45~14 : 45	SE	5.1	3	13 : 45~14 : 45	SE	13.3	≐ 1/3
3/IX	13 : 20~14 : 30	SE	4.5	4	13 : 20~14 : 30	SE	13.6	≐ 1/3
16/VII	12 : 50~15 : 00	S	3.1	6	12 : 50~15 : 00	S	10.7	≐ 1/3

※ 回数が少ないので除外。Omitted because of the less number of repeat.

準とした), 風向別に比率を明らかにすると Fig. 3 のとおりで, 尾根筋では南東, 北西をとわず風当たりがつよく, 中腹および沢筋では尾根筋での半分またはそれ以下となっている。

ところで, 同時観測をおこなった時間内の, 総合気候観測装置の自記紙に記録された風向および風速とを調査区 No. 3 の観測結果と比較してみると, Table 4 のとおりである。

総合気候観測装置の風速は, 10 分間の平均風速として記録されるが, 同時観測をおこなっていた時間内の平均風速を合計して, その平均を計算したのが 10 分間風速の平均の項である。

Table 4 のうち, 6 月 25 日と 7 月 2 日の同時観測結果は, 観測回数がすくないので考慮外とし, 残り

Table 5. カラマツの成長期間における月別日平均風向度数 (日)

Frequency of wind direction of mean wind velocity in each month during the growing season of larch (day).

a) 1962 年 In the year 1962.

月 Month	風 向 Wind direction					
	E	S E	S	W	NW	N
6	0	11	10	3	5	0
7	0	24	0	0	7	0
8	4	17	1	0	7	2
9	5	8	8	4	5	0
計 Total	9	60	19	7	24	2

b) 1963 年 In the year 1963.

月 Month	風 向 Wind direction							
	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N
6	1	3	4	13	4	1	2	5
7	0	0	8	14	7	2	0	1
8	0	0	18	8	0	1	6	0
9	0	1	6	2	0	0	7	0
計 Total	1	4	36	37	11	4	15	6

Table 6. カラマツの成長期間における月別日最大風速に対する風向度数 (日)

Frequency of wind direction at the maximum wind velocity in each month during the growing season of larch (day).

a) 1962 年 In the year 1962.

月 Month	風 向 Wind direction					
	E	S E	S	W	NW	N
6	0	11	8	2	8	0
7	0	27	0	0	4	0
8	0	21	4	1	5	0
9	1	8	10	6	3	2
計 Total	1	67	22	9	20	2

b) 1963 年 In the year 1963.

月 Month	風 向 Wind direction							
	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N
6	0	2	4	12	4	0	2	7
7	0	0	8	15	6	1	0	1
8	0	0	12	14	0	1	4	0
9	0	0	2	6	0	0	7	0
計 Total	0	2	26	47	10	2	13	8

の結果についてその割合をみたところ、北西風の場合は、同時観測による風速は、総合気候観測装置の風速のおおよそ 1/4、南東および南風の場合はおおよそ 1/3 とみられることがわかった。

一方、6月是从じめから9月末までの、総合気候観測装置の記録によると、月別の日平均風向度数および月別日最大風速時の風向度数は、Table 5, 6 および Fig. 4, 5 のとおり、1962~1963 年の2か年間とも、南東および南風(南寄りの風)が圧倒的におおく、逆方向には、北西風がおおいが、いずれにしても、常風は南~南東風であることが知られる。とくに、1962 年は南東風がきわめて頻度が高く、同時観測結果もこのことを裏書きしている。これとくらべて、1963 年は前年とくらべて、風速がいちじるしくよわく、とくに 8、9 月にいちじるしかった。

風向および風速の自記記録から、月別、風向別に 10 分間の風速の合計および吹送時間を調べ、風程およびその時間内の平均風速を求めた。

風程は、10 分間の平均風速合計 $\times 10(\text{分})\times 60(\text{秒})\div 1,000(\text{km})$ として、また平均風速は平均風速の合計 $\div (\text{吹送時間合計}\times 6 \text{ 回}) \text{ m/sec}$ として計算した。

その結果の一部(1962, 1963 年の6~9月の合計)は Table 7 に示すとおりである。

Table 7 によると、1962, 1963 年とも、風程および吹送時間ともに南東、南、北西がきわだって高い値を示している。一方同時観測では、南東、南、北西以外の場合の資料は得られていない。しかし、この3とおりの風以外は風程、吹送時間ともに小さな値をとっているため、総合気候観測装置の記録を調査区 No. 3 に換算するに当たっては、Table 3 の結果にもとづき、便宜的に南寄りの風(南東、南、南西風)は

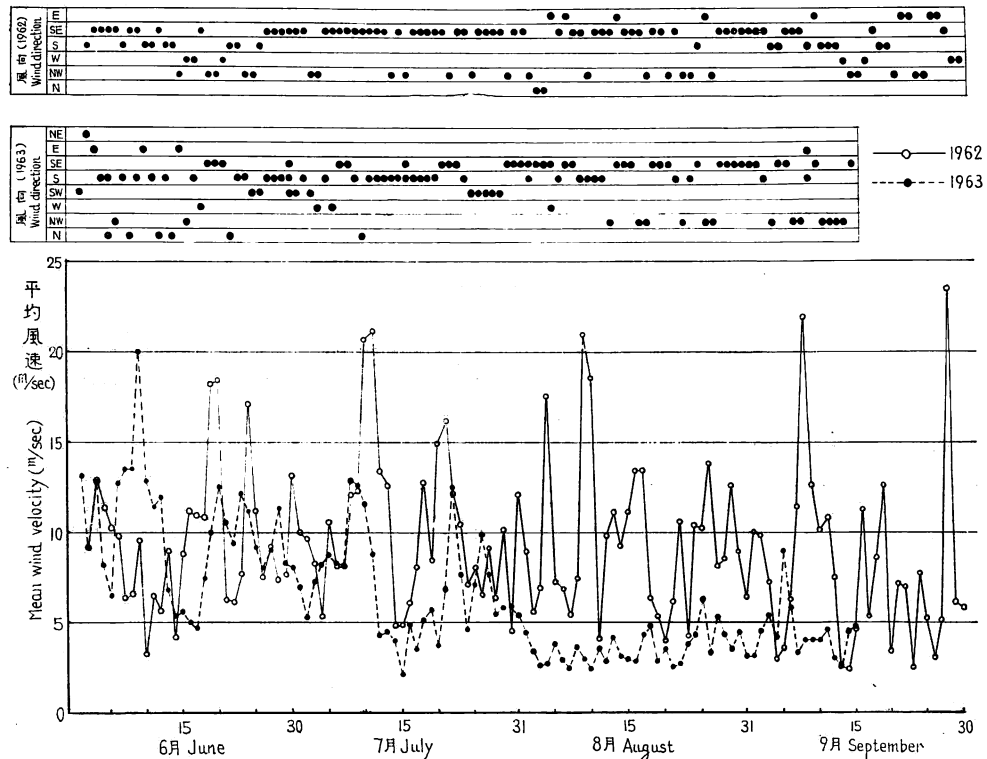


Fig. 4 1962, 1963 年の平均風速と風向
Mean wind velocity and wind direction (1962, 1963).

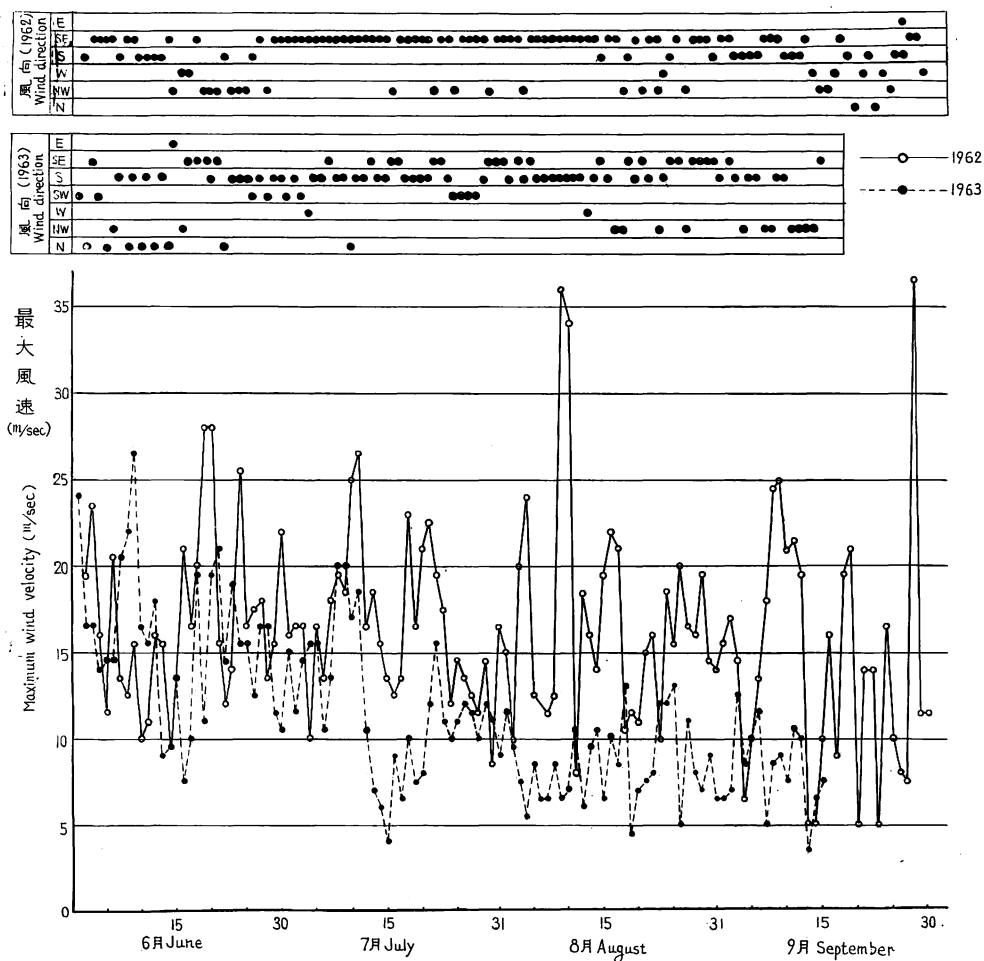


Fig.5 1962, 1963 年の日最大風速と風向
Daily maximum wind velocity and wind direction (1962,1963).

Table 7. 総合気候観測装置による風向別風程の合計および
Total sum of wind run and mean wind velocity in each wind
station during the growing season of larch (June~September).

a) 1962 年 In the year 1962.

風 向 Wind direction	吹送時間 Blowing hour	全 風 程 Total sum of wind run (km)	平均風速 Mean wind velocity (m/sec)	風 向 Wind direction	吹送時間 Blowing hour	全風程 Total sum of wind run (km)	平均風速 Mean wind velocity (m/sec)
E	67	1,404.6	5.8	}	1,751	78,052.2	12.3
SE	1,471	68,872.2	13.0				
S	213	8,893.2	11.6				
SW	20	286.8	4.0				
W	107	4,391.4	11.4				
NW	545	22,842.6	11.6	}	584	23,533.8	11.2
N	28	514.2	5.1				
NE	11	177.0	4.5				

1/3, 北寄りの風(北東, 北, 北西風)は 1/4 として計算した。その結果, 各調査区における 2 年間の全風程は Table 8 および Fig. 6 に, また風向別の平均風速とその吹送時間は Table 9 に示すとおりとなった。

Table 8 および Fig. 6 から明らかなように, 尾根筋の調査区 No. 2, No. 3 はとくに風当たりがはげしく, 1962 年 6 月は 8,000 km 以上, 同 7 月は約 10,000 km, 同 8 月が 8,000 km 以上となり, 4 か月の合計では 30,000 km 以上にも達している。これにつぐものは, やはり尾根筋の No. 1 と No. 11 で, ともに 20,000 km 以上となっている。これに対して, 中腹以下の区では No. 10, No. 12 が比較的風当たりがつよいが, それにしても約 1/3 にすぎず尾根筋と中腹以下とでは風の当たりかたには極端なちがひがあることがわかる。1963 年は前年にくらべてかなり平穏であったことは, 尾根筋の No. 2, No. 3 ですら 4 か月合計で 14,000 km 前後にすぎず, 前年 7 月中の風程よりも少し多かったにすぎない結果となっている。この傾向は, とくに 8, 9 月においていちじるしく, いずれの調査区も, 前年の 1/3 以下であった。

一方, 平均風速と吹送時間は Table 9 に示されるとおり, 両年を通じて南寄りの風の吹いた時間が北寄りの風の吹送時間よりもはるかに多いが, とくに 1963 年はこの傾向がつよい。調査区の位置別にみると, 尾根筋では他よりもはるかに大きく, とくに 1962 年の南寄りの風はほとんどすべてが 3 m/sec 以上に達している。これに対して, 1~2 の例外はあるが中腹以下の区は平均 1 m/sec あるいはそれ以下であった。1963 年には, 6 月はほぼ前年同様の結果であるが 7, 8, 9 の 3 か月になると吹送時間はともかくとして, 風速がとみにおとろえ, とくに 8, 9 両月では尾根筋においても前年の 1/3 程度となり, いちじるしい相違を示したことは注目に値する。

2. 気温と雨量

気温と雨量は, カラマツの成長に関係するだけでなく, 先枯病菌の胞子の飛散および感染にも密接な関係をもっている。

総合気候観測装置で観測された 1962, 1963 両年の 2 時間ごとの気温の平均値の積算温度, 最高, 最低気温の積算とそれぞれの平均値は Table 10 のとおりである。

これによると, 1963 年は前年よりも低温で, とくに 6, 7 月は冷害型といわれた気候を反映しているが, 8 月には回復し, 前年よりもはるかに気温が上昇した。しかし 9 月にはいりふたび気温が低下したことが記録されている。最高気温の積算にはいちじるしい差はみられないが, 最低気温の積算では前年よ

平均風速 (6~9 月)

direction obtained from the automatic climatological

b) 1962 年 In the year 1963.

風 向 Wind direction	吹送時間 Blowing hour	全 風 程 Total sum of wind run (km)	平均風速 Mean wind velocity (m/sec)	風 向 Wind direction	吹送時間 Blowing hour	全 風 程 Total sum of wind run (km)	平均風速 Mean wind velocity (m/sec)
E	62	1,398.0	6.3	}	1,565	37,900.2	6.7
S E	605	11,047.2	5.1				
S	954	26,758.2	7.8				
SW	6	94.8	4.4				
W	63	892.8	3.9				
NW	249	4,012.8	4.5	}	287	5,379.0	5.2
N	29	1,112.4	10.7				
NE	9	253.8	7.8				

Table 8. 各調査区における月別風程の合計 (km)
Monthly sum of wind run in each sample plot (km).

a) 1962 年 In the year 1962.

Sample plot	6 月 June			7 月 July			8 月 August			9 月 September			合 計 Total		
	SE, S, SW	NW, N	Total	SE, S, SW	NW	Total	SE, S	NW, N	Total	SE, S, SW	NW, NE	Total	SE, S, SW	NW, N, NE	Total
1	4,771	569	5,340	6,264	374	6,638	4,909	599	5,508	3,569	341	3,910	19,513	1,883	21,396
2	6,488	1,920	8,408	8,519	1,261	9,780	6,676	2,022	8,698	4,854	1,150	6,004	26,537	6,353	32,890
3	6,361	1,778	8,139	8,352	1,168	9,520	6,545	1,872	8,417	4,759	1,065	5,824	26,017	5,883	31,900
11	5,089	1,725	6,814	6,682	1,133	7,815	5,236	1,816	7,052	3,807	1,033	4,840	20,814	5,707	26,521
4	1,018	693	1,711	1,336	456	1,792	1,047	730	1,777	761	415	1,176	4,162	2,294	6,455
7	1,145	605	1,750	1,503	397	1,900	1,178	636	1,814	857	362	1,219	4,683	2,000	6,683
8	891	605	1,496	1,169	397	1,566	916	636	1,552	666	362	1,028	3,642	2,000	5,642
12	1,845	569	2,414	2,422	374	2,796	1,898	599	2,497	1,380	341	1,721	7,545	1,883	9,428
5	1,463	658	2,121	1,921	432	2,353	1,505	693	2,198	1,095	394	1,489	5,984	2,177	8,161
9	1,272	658	1,930	1,670	432	2,102	1,309	693	2,002	952	394	1,346	5,203	2,177	7,380
10	2,862	605	3,467	3,758	397	4,155	2,945	636	3,581	2,142	362	2,504	11,707	2,000	13,707

b) 1963 年 In the year 1963.

Sample plot	6 月 June			7 月 July			8 月 August			9 月 September			合 計 Total		
	S, SW	NE	Total	SE, S	N	Total	SE, S	NW	Total	SE, S	NW, N, NE	Total	SE, S, SW	NW, N, NE	Total
1	2,644	17	2,661	4,621	68	4,689	1,505	165	1,670	705	180	885	9,475	430	9,905
2	3,596	58	3,654	6,284	231	6,515	2,047	556	2,603	959	608	1,567	12,886	1,453	14,339
3	3,525	54	3,579	6,161	214	6,375	2,007	515	2,522	940	563	1,503	12,633	1,346	13,979
11	2,820	52	2,872	4,929	208	5,137	1,606	500	2,106	752	546	1,298	10,107	1,306	11,413
4	564	21	585	986	83	1,069	321	201	522	150	220	370	2,021	525	2,546
7	635	18	653	1,109	73	1,182	361	175	536	169	191	360	2,274	457	2,731
8	494	18	512	863	73	936	281	175	456	132	191	323	1,770	457	2,227
12	1,022	17	1,039	1,787	68	1,855	582	165	747	273	180	453	3,664	430	4,094
5	811	20	831	1,417	79	1,496	462	191	653	216	208	424	2,906	498	3,404
9	705	20	725	1,232	79	1,311	401	191	592	188	208	396	2,526	498	3,024
10	1,586	18	1,604	2,772	73	2,845	903	175	1,078	423	191	614	5,684	457	6,141

Table 9. 各調査区における月別、風向別平均風速 (m/sec) および吹送時間 (hr)
Mean wind velocity in each month and wind direction in
each sample plot and their blowing hour.

a) 1962 年 In the year 1962.

調査区 Sample plot	6 月 June		7 月 July		8 月 August		9 月 September		合 計 Total	
	SE, S, SW	NW, N	SE, S, SW	NW	SE, S	NW, N	SE, S, SW	NW, NE	SE, S, SW	NW, N, NE
1	2.9	1.2	3.2	0.7	3.3	0.9	3.5	0.7	3.2	0.9
2	3.9	4.2	4.4	2.5	4.5	3.0	4.8	2.5	4.3	3.0
3	3.8	3.9	4.3	2.3	4.4	2.8	4.7	2.3	4.2	2.8
11	3.0	3.8	3.4	2.2	3.5	2.7	3.8	2.2	3.4	2.7
4	0.6	1.5	0.7	0.9	0.7	1.1	0.8	0.9	0.7	1.1
7	0.7	1.3	0.8	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	0.8	1.0
8	0.5	1.3	0.6	0.8	0.6	1.0	0.7	0.8	0.6	1.0
12	1.1	1.2	1.2	0.7	1.3	0.9	1.4	0.7	1.2	0.9
5	0.9	1.4	1.0	0.9	1.0	1.0	1.1	0.9	1.0	1.0
9	0.8	1.4	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9	0.8	1.0
10	1.7	1.3	1.9	0.8	2.0	1.0	2.1	0.8	1.9	1.0
吹送時間 Blowing hour	466	128	543	141	414	185	281	130	1,704	584

b) 1963 年 In the year 1963.

調査区 Sample plot	6 月 June		7 月 July		8 月 August		9 月 September		合 計 Total	
	S, SW	NE	SE, S	N	SE, S	NW	SE, S	NW, N, NE	SE, S, SW	NW, N, NE
1	2.6	0.8	2.0	1.1	0.9	0.4	1.4	0.4	1.7	0.4
2	3.5	2.7	2.7	3.8	1.2	1.2	1.9	1.3	2.2	1.5
3	3.4	2.5	2.6	3.5	1.2	1.1	1.9	1.2	2.2	1.4
11	2.7	2.4	2.1	3.4	1.0	1.1	1.5	1.2	1.8	1.4
4	0.5	1.0	0.4	1.4	0.2	0.4	0.3	0.5	0.4	0.5
7	0.6	0.9	0.5	1.2	0.2	0.4	0.3	0.4	0.4	0.5
8	0.5	0.9	0.4	1.2	0.2	0.4	0.3	0.4	0.3	0.5
12	1.0	0.8	0.8	1.1	0.3	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4
5	0.8	0.9	0.6	1.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5
9	0.7	0.9	0.5	1.3	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5
10	1.5	0.9	1.2	1.2	0.5	0.4	0.9	0.4	1.0	0.5
吹送時間 Blowing hour	287	6	670	17	467	133	141	131	1,565	264

Table 10. 総合気候観測装置による月別の気温の積算と平均
Monthly sum of temperature obtained from observation by
automatic climatological station.

年 Year	月 Month	平均気温の積算 Sum of mean temp. (°C)	日平均 Mean (°C)	最高気温の積算 Sum of max. temp. (°C)	日平均 Mean (°C)	最低気温の積算 Sum of min. temp. (°C)	日平均 Mean (°C)	全日数 Total day (日)
1962	6	433.6	14.5	549.0	18.2	328.0	10.9	30
	7	587.3	18.9	689.5	22.2	510.8	16.5	31
	8	557.0	18.0	642.6	22.9	487.1	17.4	28*
	9	507.0	16.9	610.0	20.3	407.3	13.6	30
	計 Total	2,084.9	17.5	2,491.1	20.9	1,733.2	14.6	119
1963	6	415.1	13.8	526.7	17.6	307.7	10.6	30
	7	481.7	17.8	569.6	21.1	382.4	14.2	27*
	8	651.7	21.0	748.2	24.1	575.9	18.6	31
	9	457.9	15.3	570.3	19.0	316.0	10.5	30
	計 Total	2,006.4	17.0	2,414.8	20.5	1,582.0	13.4	118

* Could not be observed 3 days.

** Could not be observed 4 days.

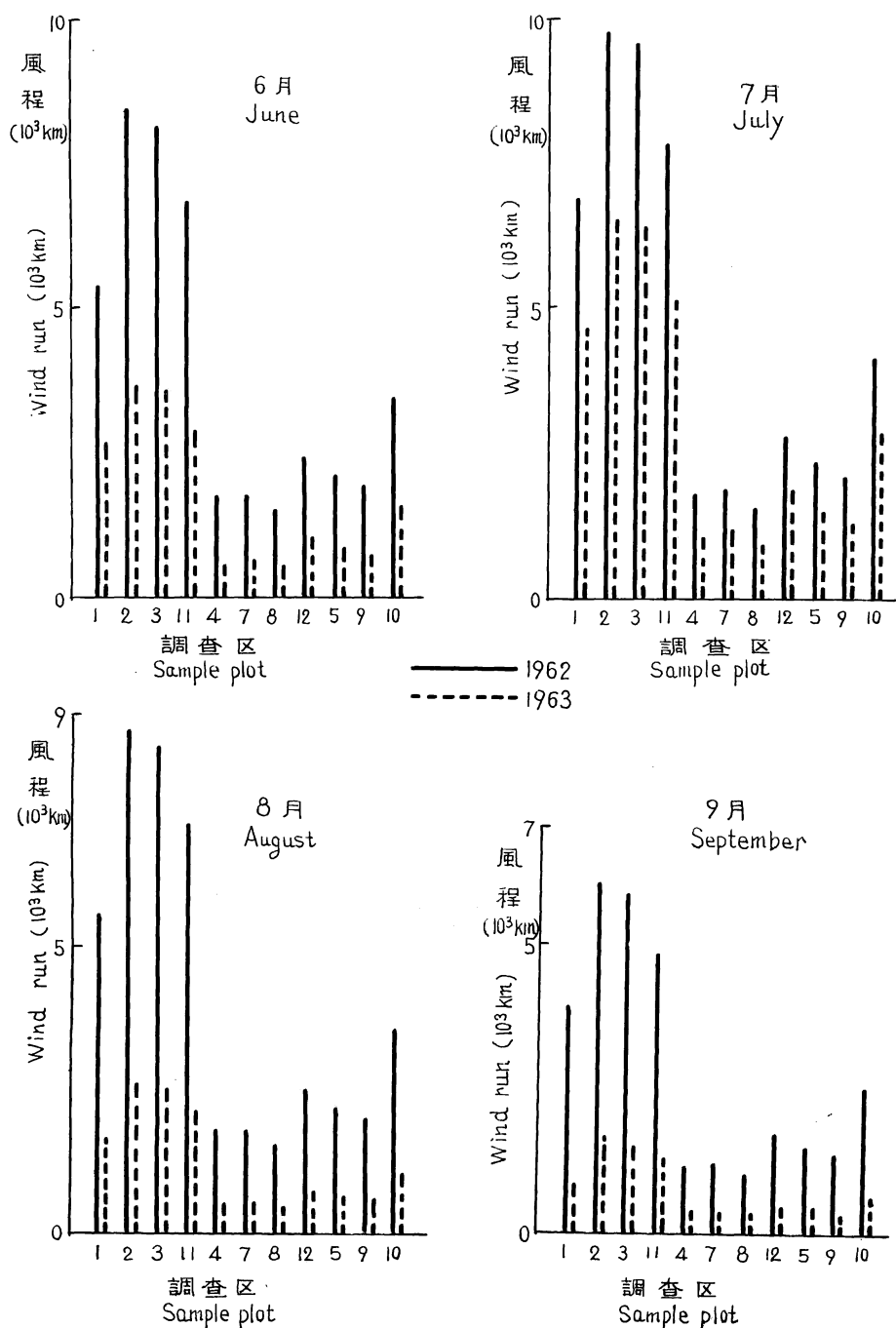


Fig.6 調査地における風程 (km)
Wind run in each sample plot.

りもはるかに小さな値を示した。これはとくに9月にいちじるしかった。

また、1962年に、各調査区に温度計を設置して、午前9～10時に測定した気温の積算はTable 11のとおりである。これによると調査区No.1がもっとも高いが、これはすぐ西側に広葉樹の2次林があるた

めと思われ、逆に No. 4 が低いのはすぐ東側に 広葉樹帯があり 陽光をさえぎるためと考えられる。また No. 3 は同様に風当たりのつよい No. 2 よりかなり低いがこの理由はよくわからない。沢筋の No. 10 が他よりもやや高いが、その他の調査区相互にはそれほど大きな差はないようである。

雨量は、1963 年分は器械故障のため資料がえられなかったので、便宜的に苫小牧測候所の観測資料を用いた。したがって厳密には兩年の比較はできないが、月別の雨量は Table 12 のとおりである。

Table 12 によると、6, 7 月は兩年とも 1 mm 以上の降雨日数はちがいがなく、雨量は 1963 年の方がややおおい。しかし 8, 9 月は 1963 年にくらべて 1962 年は降雨日数、雨量とも、はるかにおおい。とくに 8 月 3 日は台風の影響によって 113.5 mm という記録的な雨が降った。

Table 11. カラマツの成長期間の気温の積算 (1962)
Total sum of temperature during the growing season in
each sample plot (1962).

調査区 Sample plot	6 月 June		7 月 July		8 月 August		9 月 September		合 計 Total		平 均 Mean (°C)
	日数 Days	積 算 Total sum	日数 Days	積 算 Total sum	日数 Days	積 算 Total sum	日 数 Days	積 算 Total sum	日 数 Days	積 算 Total sum	
1	27	525.0	24	519.5	29	663.0	13	465.5	103	2,172.5	21.1
2	〃	476.0	〃	506.0	〃	657.5	〃	451.5	〃	2,091.0	20.3
3	〃	450.0	〃	492.0	〃	630.0	〃	434.0	〃	2,006.0	19.5
11	〃	469.0	〃	494.0	〃	632.0	〃	438.0	〃	2,033.0	19.7
4	〃	464.5	〃	492.0	〃	600.0	〃	408.0	〃	1,964.5	19.1
7	〃	485.5	〃	508.0	〃	639.0	〃	438.5	〃	2,071.0	20.1
8	〃	487.0	〃	505.5	〃	630.0	〃	412.0	〃	2,034.5	19.8
12	〃	492.5	〃	499.5	〃	625.0	〃	427.0	〃	2,044.0	19.8
5	〃	486.5	〃	496.0	〃	635.5	〃	436.5	〃	2,054.5	19.9
9	〃	487.0	〃	507.0	〃	635.0	〃	421.5	〃	2,050.5	19.9
10	〃	504.5	〃	510.0	〃	655.5	〃	449.0	〃	2,119.0	20.6

Table 12. 月 別 の 雨 量 (mm)
Precipitation in each month (mm).

年 Year	月 Month	1 mm 以上 雨 日 数 Rainy days above 1 mm	雨 量 Precipitation (mm)	年 Year	月 Month	1 mm 以上 雨 日 数 Rainy days above 1 mm	雨 量 Precipitation (mm)
1962	6	9	94.5	1963*	6	8	171.7
	7	8	162.9		7	8	176.5
	8	16	335.3		8	8	103.4
	9	12	135.0		9	9	124.2
	計 Total	45	727.7		計 Total	33	575.8

* 1963 年の雨量は苫小牧測候所の観測資料である。

Precipitation in 1963 was observed at the Tomakomai Meteorological Station, Tomakomai.

胞子の飛散を推定するために、雨量と気温の関係を図示すると Fig. 7 のようになる。これをさらに詳細に調べ前報⁴⁰⁾の結果にもとづいて、降雨期間とその間の気温の最高と最低(気温の範囲)から飛散の有無を推定したのが Table 13 である。

Table 13 から知られるように、胞子の飛散は兩年とも 6 月中～下旬からさかんとなり、9 月下旬までつづいたものと推定される。しかし、かなりの量が放出飛散したと考えられる回数は、1962 年 7 月が 6 回、8 月が 8 回、9 月が 9 回で計 23 回なのに対して、1963 年は 6 月が 4 回、7 月が 4 回、8 月が 4 回、9 月が 4 回計 16 回で、1963 年の方がすくない。とくに、先枯病に対してあまり影響ないと思われる 6 月

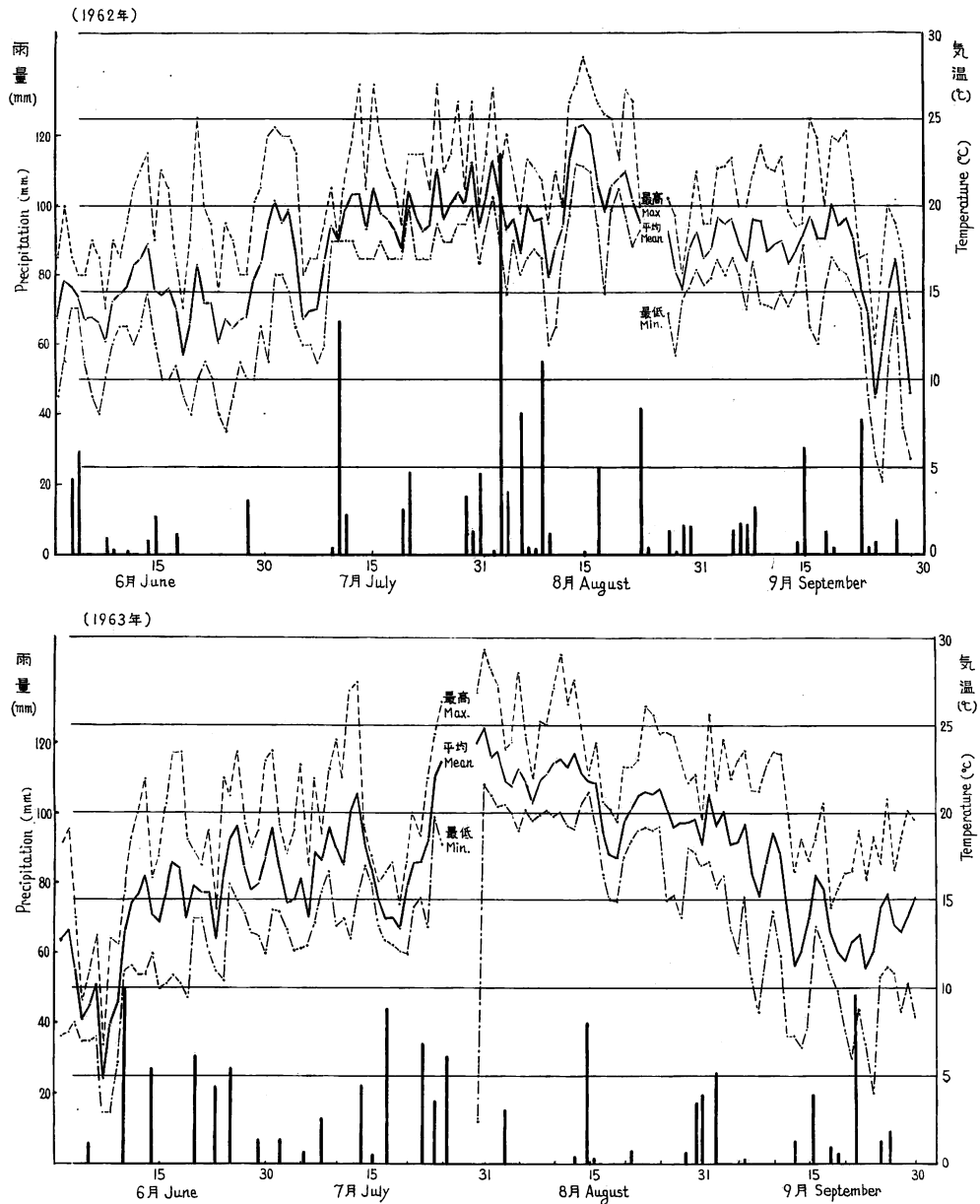


Fig. 7 最高, 平均, 最低気温と雨量
Maximum, mean, minimum temperature and precipitation.

の4回を除くと12回ということになり, 1962年の約半分にすぎないことになる。

3. 罹病状況の推移

調査区の位置別に先枯病の罹病程度を, 被害度*で表示したのが Table 14 である。

- * 被害度は次の規準によって定めた。
- 0: 健全木…罹病枝が全く見当たらないもの。
 - 1: 微害木…罹病枝はよく探して見つかる。
 - 3: 中害木…一見して被害木とわかる。
 - 5: 激害木…被害がはなはだしく, 樹冠が変形している。

Table 13. カラマツの成長期間における雨量と降雨期間の温度範囲から
推定される胞子の放出Estimation of dissemination of spores during the growing season of
larch based on the precipitation and temperature range.

a) 1962 年 In the year 1962.

月 日 Date	時 間 Time	雨 量 Precipitation (mm)	合 計 Total precipitation	気温 (°C) Temperature		放 出 状 態 Dissemination
				Min.	Max.	
VI. 3	7:00~	21.5	} 50.5	14.0	16.5	+
4	~22:00	29.0				
8	10:00~11:00	3.5	3.5	12.5	13.0	—
15	13:00~14:00	11.0	11.0	15.6	16.0	+
18	5:00~ 9:00	4.5	4.5	12.5	14.2	±
28	12:00~13:00	15.5	15.5	14.0	14.2	+
VII. 10	20:00~	2.5	} 69.0	17.8	18.5	++
11	~24:00	66.5				
12	13:00~16:00	11.5	11.5	19.0	21.3	++
20	15:00~	12.0	} 23.5	16.5	20.0	++
21	~10:00	11.5				
29	12:00~21:00	25.0	25.0	19.2	21.0	+++
30	19:00~	6.0	} 18.5	20.0	21.0	++
31	~ 3:00	12.5				
31	9:00~15:00	9.5	9.5	17.0	20.2	++
VIII. 3	0:00~	113.5	} 131.5	17.8	25.0	++
4	~ 7:00	18.0				
6	2:00~13:00	40.5	40.5	16.5	18.8	+++
8	23:00~	1.5	} 52.5	18.0	22.5	+++
9	~ 9:00	51.0				
10	5:00~ 9:00	6.0	6.0	17.0	20.0	+
17	11:00~13:00	3.0	3.0	21.0	21.2	+
17	16:00~23:00	22.0	22.0	18.8	20.5	+++
23	10:00~14:00	28.0	28.0	19.0	19.0	+++
27	7:00~12:00	5.0	5.0	20.0	20.5	+++
29	7:00~15:00	5.5	5.5	15.0	16.1	++
30	3:00~ 7:00	2.0	2.0	15.8	18.0	+
30	13:00~15:00	5.5	5.5	18.2	19.0	++
IX. 5	4:00~ 5:00	6.0	6.0	17.0	18.0	+++
6	7:00~10:00	2.5	2.5	18.0	19.0	++
6	12:00~14:00	5.0	5.0	19.0	20.0	++
8	11:00~12:00	2.0	2.0	19.2	20.0	+
8	15:00~23:00	5.5	5.5	20.0	22.0	++
14	9:00~10:00	3.5	3.5	16.8	17.2	+
15	0:00~ 2:00	6.0	6.0	18.2	19.0	++
15	7:00~12:00	21.5	21.5	18.0	19.0	+++
18	20:00~22:00	5.5	5.5	19.0	19.8	++
19	4:00	2.0	2.0	20.0		+
23	9:00~13:00	17.5	17.5	15.0	17.0	++
23	17:00~18:00	19.0	19.0	15.0	15.0	++
25	17:00~19:00	2.0	2.0	8.0	9.0	—
28	21:00~24:00	10.0	10.0	14.5	17.2	+

Estimation is based on the result by Yokota⁴⁰⁾.

Table 13. (Continued)

b) 1963 年 In the year 1963.

月 日 Date	時 間 Time	雨 量 Precipitation (mm)	合 計 Total precipitation	気温 (°C) Temperature		放 出 状 態 Dissemination
				Min.	Max.	
VI. 5	4:00~23:00	6.0	6.0	7.0	11.0	—
9	17:00~		} 49.9	10.0	14.5	+
10	~12:00					
14	10:00~21:00	27.7	27.7	15.0	16.8	+
20	0:00~ 3:00	31.0	31.0	14.0	15.0	+
23	0:00~17:00	22.2	22.2	12.0	15.0	+
24	22:00~		} 27.2	17.0	23.0	++
26	~ 5:00					
29	5:00~22:00	6.9	6.9	13.0	19.0	++
VII. 1	18:00~		} 7.2	13.8	22.2	++
3	~ 5:00					
13	23:00~		} 23.0	17.0	19.5	+++
14	~11:00					
15	1:00~12:00	2.5	2.5	16.5	17.8	±
16	4:00~		} 44.7	12.8	16.5	+++
18	~ 2:00					
21	21:00~		} 34.6	*	*	(+++?)
23	~ 3:00					
24	13:00~17:00	17.9	17.9	*	*	(++?)
25	6:00~		} 30.6	*	*	(++)
26	~19:00					
VIII. 3	12:00~18:00	15.2	15.2	20.5	22.0	+++
13	12:00~23:00	1.3	1.3	21.5	28.5	+
14	20:00~		} 40.7	20.5	22.0	+++
15	~15:00					
16	9:00~19:00	1.4	1.4	21.0	25.0	±
21	6:00~20:00	4.0	4.0	19.0	23.0	+
30	10:00~22:00	17.6	17.6	19.0	23.0	+++
31	0:00~17:00	19.7	19.7	17.0	20.2	+
IX. 2	8:00~19:00	25.9	25.9	18.8	21.0	++
13	11:00~12:00	6.3	6.3	14.0	15.0	+
15	20:00~		} 19.5	14.0	19.2	++
16	~15:00					
18	13:00~14:00	4.5	4.5	14.0	14.8	+
19	8:00~10:00	3.0	3.0	11.0	17.0	+
21	15:00~		} 48.1	11.5	15.2	+
22	~ 1:00					
25	15:00~18:00	6.8	6.8	15.8	16.2	++
26	18:00~		} 9.1	11.0	14.0	±
27	~ 1:00					

Precipitation was observed at Tomakomai Meteorological Station.

Table 14 から明らかなように、尾根筋の各調査区では、植栽後2成長期をへただけ（1961年秋現在）で、すでに健全木はほとんどなく、半数以上が中害となっており、わずかながら激害木すらみられた。1962年には急激に病勢がすすみ、調査区 No.1 と No.11 にわずかの微害木を残すのみで（No.11 の健全木は樹高がきわめてひくく、ササの中に埋まっていたために罹病しなかったものと考えられる）、ほとん

Table 14. 調査区の位置と被害程度の推移 (1961~1963)
 Relation between the transition of degree of damage and the
 position of sample plots (1961~1963).

位 置 Position	調査区 Sample plot	被 害 度 Degree of damage												平 均 被 害 度 Mean of degree of damage		
		0			1			3			5			'61	'62	'63
		'61	'62	'63	'61	'62	'63	'61	'62	'63	'61	'62	'63			
尾 根 Upper flat	1	1			6	3	3	13	12	11		5	5	2.3	3.2	3.1
	2				3		1	15	2	12	2	17	6	2.9	4.8	3.5
	3				2			13	2	7	5	18	10	3.3	4.8	4.2
	6				12			8								
	11		1	1	9	1	4	7	5	7	4	11	4	2.5	3.9	2.8
中腹または く ぼ み Middle slope or concave	4	4	2	1	15	13	13	1	5	6				0.9	1.4	1.6
	7	6	3		12	6	14	2	9	4		2	2	0.9	2.2	1.8
	8	5	3		13	6	10	2	11	7				1.0	2.0	1.6
	12	3	2		13	12	19	4	6	1				1.3	1.5	1.1
沢 Bottom site	5	6	1	2	14	16	15		3	3				0.7	1.3	1.2
	9	3		1	13	4	8	4	12	8		4	3	1.3	3.0	2.4
	10	9	2	3	10	8	10	1	9	5			2	0.7	1.8	1.8

どが中害以上となり、とくに No. 2 と No. 3 は、約 90% が激害木に移行した。No. 11 も 60% が激害木となった。このことは平均被害度の移り変わりにも明りょうにみとめられる。しかし、1963 年は病勢は現状維持というよりはむしろ軽減の傾向を示し、とくに前年はげしかった No. 2, No. 3 においていちじるしく、激害木は 50% 以下に減少した。減少した分は中害程度にとどまったので、平均被害度* もかなり低下した。

中腹以下の調査区では、1961 年秋では激害木は 1 本もなく、大半は微害木あるいは健全木であった。しかし、1962 年には中害木もかなり見られるようになったが、No. 7 と No. 9 以外には激害木はなく、被害度も 2.0 以下で、被害の進行は緩慢であった。1963 年は、尾根筋の調査区同様に被害は軽減し、No. 9 以外は平均被害度は 2 以下と前年よりわずかながら低下し、大半は微害木となった。

これらの被害状況を、枝の場所別に調査した結果を Table 15, 16 に示す。

Table 15 は実数で、1961 年試験地設定当時の状況は全枝について罹病個所数を調査したが、1962 年以降は、頂枝と上から 5 本の側枝について調査した。これは、「芯が立てばよい」という実用上の思想が根拠となっており、斎藤ら²¹⁾および五十嵐⁶⁾の調査法にもとづいたものである。1962 年の調査結果によると、尾根筋と中腹以下の各調査区とでは被害の様子がまったく異なり、尾根筋では頂枝の先端の枯死がはなはだしく、側枝についても先端部の枯死がいちじるしいことが知られる。さらに 2 次枝についても同様に、No. 2, No. 3, No. 11 では 2 次枝はほとんどすべてが被害をうけていることがわかる。しかし中腹以下の各区では尾根筋のようなひどい被害はなく、先端部の枯死もすくなく、もっとも被害をうけやすい 2 次枝も No. 9 がややひどいほかは軽微である。1963 年については、被害度の推移の場合同様に被害は軽くなっていることが、数字にもよく現われている。

Table 16 は、これらの値を一括して百分率で示したもので、尾根筋と中腹以下の各調査区間の相違が明りょうに認められる。

* 単木の被害度の重量平均 = $\frac{0 \times a + 1 \times b + 3 \times c + 5 \times d}{N}$, $a + b + c + d = N$

Table 15. 調査地の位置と罹病状況 (1960 年 5 月植栽)

Damages in each sample plot (planted in May, 1960).

a) 試験地設定時の罹病状況 (1961 年 10 月 24 日調)

Damages at the time of establishment (Survey: Oct. 24, 1961).

位置 Position of sample plot	調査区 No. of sample plot	健全木 Healthy tree	頂 枝 Top shoot			側 枝 Lateral shoot		
			先端 Top	中間 Middle	2 次枝 Small twig	先端 Top	中間 Middle	2 次枝 Small twig
尾 根 Upper flat	1	1	13	2	71	99	6	8
	2	0	17	4	108	210	13	68
	3	0	17	11	142	245	16	95
	6	0	8	24	66	219	4	32
	11	0	11	9	117	153	10	140
中腹または くぼみ Middle slope or concave	4	4	1	9	32	34	12	9
	7	6	2	4	22	40	0	7
	8	5	2	6	17	27	11	27
	12	3	4	3	27	45	6	18
沢 Bottom site	5	6	0	0	24	20	4	11
	9	3	4	5	75	61	15	75
	10	9	1	2	27	27	3	20

(Note) 1 plot contains 20 larch trees.

Top and small twig is the number of infected shoots and middle shows the number of infected parts.

b) 1年後の罹病状況 (1962 年 10 月 7 日調)

Damage after 1 year (Survey: Oct. 7, 1962).

位置 Position of sample plot	調査区 No. of sample plot	健全木 Healthy tree	頂 枝 Top shoot			側 枝 Lateral shoot		
			先端 Top	中間 Middle	2 次枝 Small twig	先端 Top	中間 Middle	2 次枝 Small twig
尾 根 Upper flat	1	0	10/20	4/20	34/43	77/100	12/100	11/16
	2	0	16/19	7/19	72/72	90/95	2/95	61/63
	3	0	18/20	5/20	84/84	98/100	4/100	57/57
	6*							
	11	1	12/18	4/18	67/72	67/90	4/90	42/44
中腹または くぼみ Middle slope or concave	4	2	6/20	0/20	91/211	22/100	9/100	76/193
	7	2	5/20	4/20	46/143	46/100	6/100	52/103
	8	3	6/20	6/20	85/222	29/100	5/100	58/158
	12	2	2/20	3/20	44/201	18/100	7/100	34/122
沢 Bottom site	5	1	2/20	0/20	74/276	15/100	8/100	153/439
	9	0	3/20	6/20	144/222	48/100	8/100	200/283
	10	2	6/20	3/20	60/184	35/100	9/100	65/148

* Omitted after 1962.

Top and small twig: Infected shoots/Total number of shoots surveyed.

Middle: Infected parts/Total number of shoots surveyed.

c) 2年後の罹病状況 (1963年9月30日調)

Damages after 2 years (Survey: Sept. 30, 1962).

位 置 Position of sample plot	調査区 No. of sample plot	健全木 Healthy tree	頂 枝 Top shoot			側 枝 Lateral shoot		
			先 端 Top	中 間 Middle	2 次枝 Small twig	先 端 Top	中 間 Middle	2 次枝 Small twig
尾 根 Upper flat	1	0	4/19	7/19	49/78	40/95	42/95	24/40
	2	0	10/19	6/19	72/101	44/95	17/95	121/171
	3	0	7/17	8/17	81/97	66/85	12/85	35/44
	11	1	4/16	8/16	38/79	36/80	11/80	12/26
中腹または くぼみ Middle slope or concave	4	1	2/20	1/20	120/286	19/100	12/100	82/206
	7	0	3/20	6/20	69/102	22/100	8/100	43/105
	8	0	1/20	5/20	81/192	26/85	6/85	48/101
	12	0	2/20	4/20	62/291	7/100	1/100	56/243
沢 Bottom site	5	2	0/20	1/20	55/294	5/100	2/100	67/425
	9	1	3/20	4/20	119/247	28/100	6/100	228/318
	10	3	2/20	1/20	37/199	20/100	4/100	71/187

この間のカラマツの樹高成長の推移は Table 17 のとおりである。

試験地設定当時の樹高においても、尾根筋と中腹以下の各調査区との間にはかなりの相違がみられたが、翌 1962 年秋には明りょうなちがいが現われた。すなわち、尾根筋の調査区 No. 2, No. 3, No. 11 の各区では、平均樹高が前年よりも低下し、とくに No. 3 では 15% も減少した。No. 1 は減少はみられなかったが、わずか 6% しか増加がみられなかった。これに対して、中腹以下の各区ではほとんどが 50 cm 以上伸長し、成長率で 30% 程度増加した。とくに、前年平均樹高の低かった No. 12 もほぼ他の区に追

Table 16. 各調査区における罹病率 (%)
Percentage of infection in each sample plot (%).

a) 1962 年 In the year 1962.

調査区 Position of sample plot	枝 の 位 置 Position of shoots							
	頂 枝 Top shoot				側 枝 Lateral shoot			
	先端・中間 Top, Middle	率 %	2 次 枝 Small twig	率 %	先端・中間 Top, Middle	率 %	2 次 枝 Small twig	率 %
1	4/20	20.0	34/43	79.1	89/100	89.0	11/16	68.8
2	23/19	121.1	72/72	100.0	92/95	96.8	61/63	96.8
3	23/20	115.0	84/84	100.0	98/100	98.0	57/57	100.0
11	16/18	88.9	67/72	93.1	71/90	78.9	42/44	95.5
4	6/20	30.0	91/211	43.1	31/100	31.0	76/193	39.4
7	9/20	45.0	63/143	44.1	52/100	52.0	52/103	50.5
8	12/20	60.0	85/222	38.3	34/100	34.0	58/158	36.7
12	5/20	25.0	44/201	21.9	25/100	25.0	34/122	27.9
5	2/20	10.0	74/276	26.8	23/100	23.0	153/439	34.9
9	9/20	45.0	144/222	64.9	56/100	56.0	200/283	70.7
10	9/20	45.0	60/184	32.6	44/100	44.0	65/148	43.9

b) 1963 年 In the year 1963.

調査区 Position of sample plot	枝 の 位 置 Position of shoots							
	頂 枝 Top shoot				側 枝 Lateral shoot			
	先端・中間 Top, Middle	率 %	2 次 枝 Small twig	率 %	先端・中間 Top, Middle	率 %	2 次 枝 Small twig	率 %
1	11/19	57.9	49/78	62.8	82/95	86.3	24/40	60.0
2	16/19	84.2	72/101	71.3	61/95	64.2	121/171	70.8
3	15/17	88.2	81/97	83.5	78/85	91.8	35/44	79.5
11	12/16	75.0	38/79	48.1	47/80	58.8	12/26	46.2
4	3/20	15.0	120/286	42.0	31/100	31.0	82/206	39.8
7	9/20	45.0	69/102	67.6	30/100	30.0	43/105	41.0
8	6/20	30.0	81/192	42.2	32/85	37.6	48/101	47.5
12	6/20	30.0	62/291	21.3	8/100	8.0	56/243	23.0
5	1/20	5.0	55/294	18.7	7/100	7.0	67/425	15.8
9	7/20	35.0	119/247	48.2	34/100	34.0	228/318	71.7
10	3/20	15.0	37/199	18.6	24/100	24.0	71/187	38.0

いついたので、平均成長率では 50% 以上となった。

1963 年には尾根筋の各区ともマイナスの成長はなく、いずれも樹高は増加したが、その量はわずかで、No.11 の 30 cm が最大で、他は 20 cm 前後というわずかな値にとどまった。これに対して中腹以下の各区では前年同様よい成長を示し、とくに No.4, No.5, No.8 では 70 cm またはそれ以上の伸びがみられ、平均成長率も No.9 を除くと 30% あるいはそれ以上であった。

このような極端な成長のちがいによって、1960 年春に植栽されてからわずか 4 成長期の間に、尾根筋と中腹以下の各区との間に、樹高成長で 2 倍あるいはそれ以上のちがいがみられるようになった。

Table 17. 各調査区におけるカラ
Growth and transition of distribution of

位 置 Position of sample plot	調 査 区 No. of sample plot	樹 高 Tree height (cm)											
		Less than 80			81~120			121~160			161~200		
		'61	'62	'63	'61	'62	'63	'61	'62	'63	'61	'62	'63
尾 根 Upper flat	1	4	1	1	12	11	2	4	8	13	4		
	2		3	3	10	10	5	10	6	9	2		
	3		10	4	15	8	6	5	2	6	1		
中腹または くぼみ Middle slope or concave	6	2			14			3					
	11	1	6	2	15	6	5	3	5	6	1	3	
沢 Bottom site	4				3			14	3		3	12	1
	7				5	1		11	5	1	4	9	3
	8				9	2		9	4		2	11	3
	12	1			13	1		6	4		14	1	
沢 Bottom site	5				2			13	1	1	5	9	
	9				2		1	17	3		1	11	4
	10				3	1		14	3		3	9	5

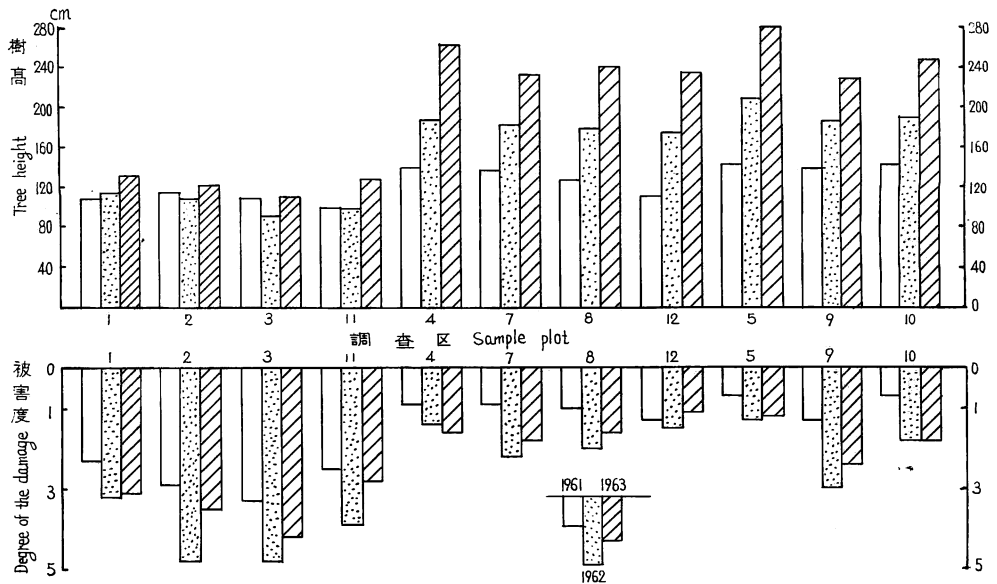


Fig. 8 罹病状況と成長状況の推移 (1960 年春植栽)
Transition of the damage and the tree height (planted in 1960).

以上の、罹病状況と成長状況の推移を一括して示すと、Fig.8 のとおりである。

B. 固定防風柵の効果

1. 防風柵内外の風の当たりかた

防風柵内には Fig.9 に示す位置に 9 個の理工研型の小型ロビンソン風速計を固定し、対照区には中央に 1 個を設置した。風速計の高さは、柵内は成長開始時の樹高よりやや高め (2 m 前後) とし、対照区は

マツの成長と樹高階別本数配分の推移
tree number in each tree height class.

			平均樹高 Mean tree height (cm)			平均成長率 Mean rate of growth (%)	
281~320	321~360	361~400					
'61 '62 '63	'61 '62 '63	'61 '62 '63	1961	1962	1963	1962	1963
			108	114	132	5.6	15.8
			115	108	123	— 6.1	13.9
			108	90	112	—14.6	24.4
			99	98	128	— 1.0	30.6
9			139	187	262	34.5	40.1
2			136	182	232	33.8	27.5
3			127	174	240	37.0	37.9
			111	174	234	56.8	34.5
5	2	1	143	208	280	45.5	34.1
3	1		139	186	228	33.8	22.6
3	2		142	189	247	33.1	30.7

地上約 1 m とした。

風速の調査は、柵内、柵外（対照）の 10 分間同時観測により、10 分間の平均風速で表わした。この結果は Table 18 および Fig.9 に示すとおりである。

Table 18 によって明らかなように、防風柵の内外では風の当たりかたにはいちじるしいちがいがあ。とくに柵内の風速計の高さは柵外にくらべて約 2 倍の高さであるので、地上 1 m の高さの風は、さらに弱いはずである。柵内での風速の分布は、観測回数がすくなく、風向も 2 方向しか観測されていないので、はっきりしないが、風下側の方が強い傾向がうかがわれた。それにしても、柵外の風速の半分以下

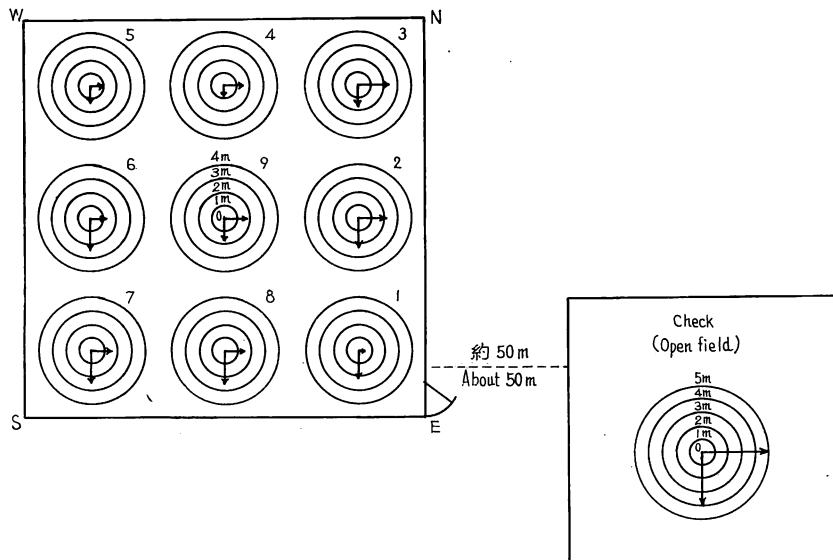


Fig.9 防風柵内の風速計の位置と風速および対照区の風速
Position of anemometer in the inner part of the fence and wind velocity and those in check plot.

Table 18. 防風柵内外の風向と風速（1963 年）
Mean wind velocity in 10-minute-interval at 9 points in the shelter fence and in the open field (1963).

	柵 内 Plots in the shelter fence									柵 外 Open field
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
風速 Mean velocity	0.4	2.1	2.3	1.6	1.0	1.2	1.5	1.4	1.8	4.8
比 率 Ratio	0.1	0.4	0.5	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	1.0

(Note) 観測 Observed in: 7/V, '63, 風向 Wind direction: SW, 観測時間 Interval of observation: 10:00~14:50, 観測回数 Repeat of observation: 15

	柵 内 Plots in the shelter fence									柵 外 Open field
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
風速 Mean velocity	2.1	2.2	1.8	1.0	1.3	2.4	2.4	2.5	1.8	3.9
比 率 Ratio	0.5	0.6	0.5	0.3	0.3	0.6	0.6	0.6	0.5	1.0

(Note) 観測 Observed in: 12/IX, '63, 風向 Wind direction: NW, 観測時間 Interval of observation: 13:30~14:20, 観測回数 Repeat of observation: 3

で、はるかに当たりかたはすくない。

2. 防風柵内外の気温

1962 年 6 月から 9 月末まで、午前 9 時半前後の気温を毎日測定した。柵内は中央部の、ロビンソン風速計 No.9 の位置の地上 50 cm の高さに、柵外は柵の南約 50 m はなれた位置に温度計を設置した。観測された気温の積算を Table 19 に示す。

Table 19 によると、毎月の積算温度は柵内の方が 20°C あまり高い。4 か月の合計では 90°C の差があり、平均気温が 1°C の差となって現われている。柵の内外での成長のちがいは、とくに下草の成長においていちじるしく、柵内は成長の条件がきわめてよいことを示している。

3. 防風柵内外の罹病状況

1963 年 1 年間の罹病状況は Table 20 のとおりである。

Table 20 は罹病状況を被害度で表わしたものであるが、同年春に植栽した苗木のうち、柵内のものは健全木が 50% 微害木が 45% で、95% は健全および微害であったのに対し、柵外(対照区)では健全木 24%, 微害木 42%, 合計 66% が健全および微害であった。

被害度の重量平均(平均被害度)は、柵内が 0.6、柵外が 1.5 で、わずか 1 年の間ですでにかなりのちがいが現われた(Plate 1, H)。

また、1960 年植栽の、柵内に残存しているカラマツは、春剪定により、一応健全状態にされたものであるが、85% が健全ないし微害で、残りが中害となった。しかし、これに対する対照区は設定できなかったもので、比較すべきものがない。

この被害を枝の位置別に調査した結果を、Table 21, 22 に示す。

Table 19. 防風柵内外の気温の積算 (1962)
Total sum of temperature in the shelter fence and
in the open field (1962).

調査区 Sample plot	6 月 June		7 月 July		8 月 August		9 月 September		合計 Total		平均 Mean (°C)
	日数 Days	積算 Total sum	日数 Days	積算 Total sum	日数 Days	積算 Total sum	日数 Days	積算 Total sum	日数 Days	積算 Total sum	
柵内 Shelter fence	26	487.5	24	518.0	29	646.5	23	451.0	102	2,103.0	20.6
柵外 Open field	26	467.5	24	497.5	29	622.0	23	428.5	102	2,012.5	19.7

Temperature was measured between 9 and 10 A.M. almost simultaneously.

Table 20. 防風柵内外のカラマツの先枯病被害度 (1963)
Degree of damage in the shelter fence and in open field (1963).

被害度 Degree of damage	0	1	3	5	平均 Mean	Planted in
柵内 In the shelter fence	74	67	8	1	0.6	1963, V
柵外 In the open field	24	42	32	2	1.5	1963, V
柵内 In the shelter fence	7	103	20	0	1.3	1960, V

Table 21. 防風柵内外のカラムツの罹病個所数 (1963)
Number of infected parts in the shelter fence and
in open field (1963).

調査地の位置 Position of sample plot	枝 の 位 置 Position of shoots						植 栽 年 Planted in
	頂 枝 Top shoot			枝 側 Lateral shoot			
	先 端 Top	中 間 Middle	2 次枝 Small twig	先 端 Top	中 間 Middle	2 次枝 Small twig	
柵 内 In the shelter fence	19/150	12/150	8/71	82/750	17/750	0/35	1963, V
柵 外 In the open field	37/100	8/100	20/50	143/500	14/500	3/9	1963, V
柵 内 In the shelter fence	13/130	6/130	373/1887	98/650	23/650	516/2424	1960, V

(Note) Top and small twig: Number of infected shoots/Total number of shoots.
Middle: Number of infected parts/Total number of shoots.

Table 22. 防風柵内外のカラムツの罹病率 (%) (1963)
Percentage of infection in the shelter fence and
in the open field (1963).

調査地の位置 Position of sample plot	枝 の 位 置 Position of shoots								植栽年 Planted in
	頂 枝 Top shoot				側 枝 Lateral shoot				
	先端・中間 Top, Middle	率 %	2 次枝 Small twig	率 %	先端・中間 Top, Middle	率 %	2 次枝 Small twig	率 %	
柵 内 In the shelter fence	31/150	20.7	8/71	11.3	99/750	13.2	0/35	0	1963, V
柵 外 In the open field	45/100	45.0	20/50	40.0	157/500	31.4	3/9	33.3	1963, V
柵 内 In the shelter fence	19/130	14.6	373/1887	19.8	121/650	18.6	516/2424	21.3	1960, V

Table 21~22 から明らかなように、防風柵の内外では罹病程度がいちじるしく異なり、柵外ははるかに先枯病にかかりやすいことが知られる。なお、柵内での罹病程度の場所別の差異はみられなかった。

4. 防風柵の内外でのカラムツの成長

罹病状況とは別に、カラムツの成長について、樹高およびその年の伸びを、柵内外のカラムツ全数に対して調査した。なお柵内の 1960 年植栽のものに対する比較のために、対照区の周辺でその年の頂枝が健全なものをえらんでその 50 本について樹高とその年の伸びを測定して、便宜的に比較した。この結果は Table 23, 24 に示される。

Table 23 によると、1960 年植栽のものでは柵の内外で樹高の平均が 70 cm、平均伸長が 30 cm もちがい、1963 年植栽のものでは、わずか 1 年の間にそれぞれ 17 cm および 10 cm もの差ができた。成長率についても 10% 以上のちがいがみられた (Plate 1, D, E, F, G)。

1 年間の樹高の推移は Table 24 にみられるように、柵内と柵外とではいちじるしくことなり、柵内での成長がきわめてさかんであることが知られる。とくに、柵内のものは、先端が罹病している場合（全本数の 10%）はその長さをひいてあるにもかかわらず、このような結果になったことは、柵内の成長のさ

Table 23. 防風柵内外のカラマツの成長状況
Growth of larch in the shelter fence and in the open field.

調査地の位置 Position of sample plot	総 計 Total			平 均 Mean			植栽年 Planted in
	本 数 Tree number	樹 高 Tree height	伸 び Amount of growth	樹 高 Tree height	伸 び Amount of growth	成長率(%) Rate of growth	
柵 内 In the shelter fence	150	cm 12,455	cm 3,790	cm 83.0	cm 25.3	25.3/57.7, 43.8	1963, V
柵 外 In the open field	100	6,580	1,600	65.8	16.0	16.0/49.8, 32.1	1963, V
柵 内 In the shelter fence	130	30,295	10,390	233.0	79.9	79.9/153.1, 52.2	1960, V
柵 外 In the open field	50	8,170	2,355	163.4	47.1	47.1/116.3, 40.5	1960, V

Table 24. 防風柵内外のカラマツの樹高階別本数配分の推移
Transition of distribution of tree number in each tree height class.

調査地の位置 Position of sample plot	樹 高 階 Tree height class (cm)								At the end of
	Less than 80	81 ~120	121 ~160	161 ~200	201 ~240	241 ~280	281 ~320	321 ~360	
柵 内 In the shelter fence			10	21	45	38	12	4	1963
同 上 Do.		22	63	38	7				1962
柵 外 In the open field		2	27	18	3				1963
同 上 Do.	2	32	15	1					1962

かんなことを示しているものと考えられる。

V 考 察 お よ び 結 論

気象条件のなかでも、とくに風が重要な誘因となっているものとしては、スギの暗色枝枯病(小林¹⁶⁾、ヤマハンノキの芽枯病(西門¹⁹⁾、ナシの胴枯病(高橋³¹⁾)など、潮風が誘因となるものとしてムギ類赤かび病(石井¹¹⁾)などがある。

カラマツ先枯病も誘因となる環境条件としては、成長期間の強風が第1にとりあげられ、風衝地形はとくに発病がはなはだしいことが明らかにされ、かなりおおくの報告がなされてきた。それらのうち、地形および方位の相違による先枯病の発生のちがいを、成長期間の風の当たり具合と関連させて説明したものとしては、中川¹⁸⁾、岡本²⁰⁾、佐藤²⁷⁾、横田³⁴⁾、および横田³⁹⁾の報告があり、平坦な造林地では、保護樹帯の風下側が発病がすくないという報告(加藤¹⁵⁾)、あるいは風の方向と周囲の林分との相対的な位置のちがいによる先枯病の発生具合の相違や、閉鎖された小面積の林分は被害がすくないという報告(佐藤²⁷⁾)などは、風が誘因としておおいに影響をおよぼしていることを、かなり具体的に説明している。

今回の筆者らの試験は、風が誘因としてどの程度のはたらきをしているかを明らかにする意味から、一方では地形のちがいによる風の当たりかたを、カラマツの成長期間を通じて観測して、それと先枯病の発

生状況を明らかにし、他方では、もっとも風当りの強い尾根筋に固定防風柵を設置して、柵内の風力をできるだけ小さくした場合に本病の発生がどうなるかという、両面からの観察をおこなったもので、これらの結果から、明らかに風が誘因として、きわめて大きな役割を果たしていることを確かめることができた。

伊藤¹²⁻¹⁴⁾は、先枯病の発生を左右する環境条件として、台風、雨、霧、カラマツ樹体内の水分などをあげ、さらに傷口は侵入の門戸となるであろうとのべた。これらの条件を整理してみると、カラマツ自体に不利な条件を与えるものと、病原菌の活動に有利な条件を与えるものとに分けることができる。すなわち、成長期間の強風は前者に属し、雨あるいは霧などは後者に属するものと考えられる。

風がカラマツに対してどのようなはたらきをするかという点について考えてみると、まず、機械的傷害としては、もまれてできる傷があげられる。さらには、強風による根部の損傷なども、若い造林地ではしばしばみられる。カラマツ先枯病菌は、侵入にあたっては、とくに傷口を必要とせず、無傷でも発病させることが最近明らかにされた（佐藤ら²⁷⁾、横田、未発表）が、傷はより好適な侵入門戸であることに変わりはない。

生理的な障害の原因としては、複雑で不明な点がきわめておおいが、風が蒸散作用を促進することにもなる水分関係の不均衡からくる樹勢のよわりがまず考えられる。佐藤²⁹⁾は、蒸散量と吸水量の関係におよぼす風のはたらきを調べるために、スギの水耕苗を用いて実験した結果、風(3.5 m/sec)をあてると蒸散量が急に増加し、それからしだいに減少するが吸水はしだいに増加し、風をあてはじめてから2~2.5時間後には蒸散量よりもおおくなることを明らかにした。この吸水のおくれば水の欠乏が葉から根に伝わるまでは増さないため、その間の水の欠乏がほかの生理的ないとなみを乱して、結局は成長に影響するとのべている。さらに同氏²⁹⁾はヒノキの防風林の風上と風下側の葉の含水量その他を、平均風速3 m/sec、最大風速20 m/secの条件のもとで測定して、含水量は風上側の葉がすくないことを知った。このことは、昼間のはげしい蒸散作用によって低められた葉の含水率が、回復すべき夜間も風のために蒸散量がおおいので、風上側の葉の含水量が風下側よりも低いと考え、最後に、風速と蒸散量の間には比例的な関係はないけれども、風は葉の含水率を低め、蒸散量を増すといつてよいであろうとのべた。風の強さと蒸散量との関係については、佐藤³⁰⁾が、スギ、ヒノキ、アカマツをもちいておこなった報告がある。これによると、蒸散量は風が強いほどおおいが、風の強さには比例しないし、また増加のしかたは樹種によって異なることが知られた。そして蒸散量がしだいに低下するのは、急に増えた蒸散量に吸水量がおいつけないので、葉の中の水が乏しくなり、蒸散作用を抑制するような調節がおこるためだとのべている。

これらの報告によって明らかなように、風当たりのつよい場所に植えられたカラマツも、同様に風による蒸散がさかんとになり、これにともなって水分の減少がおこってくるものと考えられる。

最近、ある種の胴枯病の発病および病勢の進行は、樹皮に含まれている水の量と関係があり（これをrelative turgidity—比較膨潤率—と称し、現時点の樹皮内に含まれている水と、その最大飽水時の水の量の比で表わす）、一定の値以上になると、たとえ発病していても胴枯病の進行は停止することが実験的に証明された（Bier²⁾~⁴⁾、Broomberg⁵⁾）。カラマツの先枯病の場合にも、このような関係があるかどうかは不明であり、検討を要する点であるが、スギの暗色枝枯病の場合は、風にあてなくとも樹体を乾燥させると発病しやすくなるという報告（小林¹⁶⁾）もあり、発病と水分との関係はかなり密接なものがあると考えられる。

一方、病原菌の活動、とくに胞子の飛散に関与する条件としては、前報(横田⁴⁰⁾)においてくわしく論じた。本菌にあっては、子のう胞子は子のう殻の完熟する6月ごろから、柄胞子は7月半ばごろから、雨あるいは霧によって十分に水が与えられ、気温が15°C前後以上となった時に飛散する。このことからTable 13のように、かなりの回数にわたって飛散がおり、感染の機会は十分にあったと考えられる。

今回の試験では、地形別の各調査区および防風柵の内外ともに、気温、雨量、その他の気象因子あるいは土壌条件のいちじるしい相違はまったくみとめられない。ちがっているのは、強い風が長時間あたるかあたらなかないかという点のみである。このことが、先枯病の被害の程度および成長にどう結びつくであろうか。

井上⁹⁾はカラマツの成長におよぼす風の影響を調査するために、カラマツの上長成長期間5~8月の4か月間の常風の風速と吹送時間を調べ、これと常風害(樹型の偏奇にともなう成長阻害)との関係を明らかにした。その結果、常風害の限界曲線がえられ、たとえば平均風速3 m/secの場合は延吹送日数が約75日(1,800時間)、4 m/secだと35日(840時間)以上で成長阻害が現われると報告した。

この関係を各調査区について調べた結果(Table 9)と比較してみると、6~9月の4か月間の南寄りの風(常風)の平均風速は、1962年が尾根筋では3 m/sec以上で、とくに調査区No. 2とNo. 3は4 m/sec以上あったのに対して、中腹以下の各区ではNo. 10の1.9を除くとほとんどが1 m/sec以下であった。これに対する吹送時間は、1,700時間に達しているが、8月末まででも1,400時間以上あった。この結果は南寄りを井上⁹⁾の結果と比較してみると、尾根筋の調査区のなかでも、とくにNo. 2とNo. 3の風による成長阻害がつよく現われ、No. 1, No. 11にも当然成長阻害がおこったであろうと推論される。同氏は常風害がおこりうる平均風速の最低は2 m/secくらいで、これ以下だとカラマツの十分な生育が望めるであろうとのべているが、これによれば中腹以下の各調査区は、常風による成長阻害は考えなくともよいように思われる。

1963年は前年にくらべて風がいちじるしくよく、4か月間の平均風速は、前年の半分にすぎなかった。一方、吹送時間はあまり変化はなく、とくに8月末までは1962年の1,423時間に対して1,424時間とまったく同じであった。したがって、どの調査区においても、風だけによる成長阻害はなかったものと考えられる。

また井上⁹⁾の結果から風程を計算してみると、平均風速3 m/sec, 1,800時間の場合は19,440 km, 4 m/sec, 840時間の場合は12,000 kmとなるが、これとTable 8の風程の合計から考えても、1962年と1963年との風のちがいははっきりとわかる。

防風柵の内外における風の当たりかたのちがいはTable 18およびFig. 9に示されているが、対照区においても、1963年は常風害がおこるほどの風の影響はなかったはずで、まして柵の内部では風の影響はまったく考えなくともよいと思われる。

以上のべたことから、地形別に設定した各調査区および防風柵内外の、発病と被害のすみかたならびに成長のちがいを考えてみよう。

胞子の放出は、降雨時の気温が15°C前後以上でさかんにおこなわれるが、風がつよい時よりも、平穏または微風の時の方が好適であることが知られている(井上^{9)~10)}。この関係はTable 13に示してあるが、1962, 1963両年とも、感染に十分な胞子の飛散があったことはたしかで、胞子の付着および発芽に対する機会はどの調査区においても同様であったと推定される。

しかし、カラマツに機械的損傷を与え、あるいは蒸散をさかんにして水分含有量の低下にともなう生理機能の低下を起因する風の当たりかたが、調査区の位置によってきわめて異なり、尾根筋はただでさえ成長阻害が生ずるような風をうけた 1962 年には、発病とその後の進行がきわめて早く、Table 14~16 にみられるような被害状況となったものと考えられる。しかし中腹以下は、成長に影響をおよぼすような風をうけなかったために、たとえ発病があっても、被害のすすみかたが緩慢であったとみるべきであろう。

1963 年は、前年とくらべて半分の風しか当たらなかったで、尾根筋においてもさほど生理機能に異常をきたさず、したがって病勢の進行も前年度ほどにはひどくならなかったとみられる。他の調査区についても同様に考えられよう。

防風柵内外の被害の現われかたについても、まったく同様に説明できよう。

カラマツの成長については、土壌条件も、風以外の気象条件も、Table 17, 23, 24 にみられるような極端なちがいが生ずるほど、場所によって異なることはなく、このちがいは、先枯病と風の当たりかたが主要な原因となっていると考えられる。

尾根筋は風による生理機能の低下と先枯病による新梢の枯死によって、樹高成長が極度に阻害されるのにくらべ、中腹以下は、風による成長阻害はまったくない上に、先枯病の進行もごく緩慢なので、わずか 4 成長期間で樹高で 2 倍またはそれ以上のちがいができたものと考えられる。防風柵内のカラマツの成長は、2 年間風をさえぎってやっただけで、尾根筋にもかかわらず中腹以下の調査区のものに匹敵する成長を示し、とくに 1963 年の成長率は、どの区のものよりも高い値を示し、尾根筋でも旺盛な成長を期待できることを証明した。これらの事実から考えると、先枯病の誘因となるのは一応 3 m/sec (常風平均) 程度以上という目安が考えられ、沢筋にみられるように、2 m/sec 以下の風ならばあまり問題にしないでよいように思われる。

しかし、中腹の No.7 と沢筋の No.9 は、ともに風当たりがよわいが、先枯病の被害が他よりもやや高く、樹高成長がややおとっているが、これは風だけでは説明しがたく、風がよわい場合は他に誘因となる何ものかがあることを暗示している。

以上考察したように、カラマツの成長期間の強風が先枯病の最大の誘因となっていることは明りょうで、保護帯が先枯病の被害をいちじるしく低下させることは容易に想像される。加藤ら¹⁵⁾の調査によると平坦な造林地では保護帯の風下側は被害の発生がいちじるしくすくないことが知られ、佐藤ら²⁷⁾は風衝地形あるいは大面積の一斉造林地に被害の発生がはなはだしく、広葉樹とアカマツの混交林に隣接するカラマツ林や周辺が他樹種に囲まれた小面積の孤立林分では、被害がすくないことを報告しているが、これらはすべて先枯病のおもな誘因が風であることを示すものと考えてよいであろう。

飯塚⁷⁾(1950) は、防風林の風下の地上 20 cm の風速は、防風林の樹高の 10 倍はなれた地点で 50~70% となり、5 倍だと約 50% に減少するとのべている。したがって、カラマツの成長期間に吹く強風とその風向を考慮して、保護樹帯を残すことは先枯病の回避、さらにはカラマツの成長の点からもきわめて効果的であり、今後はぜひとも実行すべきであると考ええる。なおこの場合の保護樹帯の樹種、幅、あるいは間隔などの技術的な点は、今後に残された研究課題というべきであろう。

VI 摘 要

本報告は、苫小牧地方の北海道勇払郡早来町に所在する三菱鉱業株式会社早来山林 2 林班のカラマツ造

林地において、先枯病の発生と被害の推移を左右する環境因子のはたらきについて、とくに成長期間の風に重点をおいておこなった試験結果をとり扱ったものである。気象条件は 1962, 1963 の 2 年間の 6 月から 9 月までの風向、風速、気温、雨量を解析の対象とし、その資料は総合気候観測装置の記録によった。また調査区を地形別に設置して同時観測により、風の当たりかたを調べ、このデーターと総合気候観測装置の記録から、各区の風の当たりかたを推定した。また 1961 年秋に、尾根筋の一部に高さ 4 m, 30m 四方の固定防風柵を設置し、1963 年春に柵内のカラマツを剪定して伝染源をできるだけ除き、さらに補植苗をうえこみ、柵外にも同じ補植苗を皆伐あと地に植えた。

このようにして、地形別の 12 プロット (1962 年からは 11 プロット) 内の先枯病の発生状況と、防風柵内外の本病の発生状況を調査して、先枯病の誘因としての風の役割りを考察した。

1. 土壌調査の結果、本試験地の土壌はカラマツの成長には好適であり、尾根筋と沢筋とでカラマツの成長にちがいがあるとは考えられない。

2. カラマツの成長期間の風の方角は、南寄りの風が圧倒的におおく、ついで北寄りの風がおおい。地形別に設けられた調査区のうち、尾根筋の区は、風の当たり方もつよく、1962 年では、4 か月の平均風速が南寄りの風が 3~4 m/sec, 北寄りの風が 3 m/sec 前後であったのに対して、中腹や沢筋のひくい区では 1 m/sec 前後で、きわめていちじるしい相違がみられた。1963 年は、風の吹きかたがいちじるしく少なく、前年の半分にすぎなかった。また防風柵の内部は、対照の皆伐地とくらべて、風の当たりかたは半分以下であった。

3. 気温は 1962 年の方がやや高目で平均気温の総計では 1963 年よりも、4 か月間で約 80°C おおかった。しかし 1963 年 8 月は、前年よりも平均気温が 3°C も高かった。各調査区における午前 9~10 時の気温の総計は 2,000°C 前後で、とくに成長のちがいを生ずるとは考えられない。防風柵内外では約 1°C の差があったが、この程度のちがいは 11 調査区相互にみられる。

4. 雨量は、1962 年 8 月の台風時に 1 日で 100 mm をこしたことがあるが、1962 年は 6 月がすくなくて 8 月がおおく、1963 年はその反対であった。しかし、降雨にともなう孢子の飛散は、両年とも感染には十分な回数があったと推定される。

5. 先枯病の発生は尾根筋がひどく、中腹以下は軽く、被害の進行のはやさも同様であった。1962 年はとくに進行がはなはだしく、尾根筋ではほとんどが激害に移行し、中腹以下でも被害がかなりすすんだ。しかし、1963 年は全般的に被害の程度が軽くなる傾向がみとめられた。

防風柵内外の補植苗木の罹病程度は、わずか 1 成長期でいちじるしく異なり、柵外は柵内にくらべてはるかに被害が大きかった。

これらの結果から、成長期間の強風が先枯病の発生と被害の拡大にもっとも大きな役割りを果たしていることが確かめられた。風の働きは、カラマツの新梢に機械的損傷を与えるとともに、蒸散をさかんにして水分欠乏にともなう生理機能の低下が主要なものと考えられる。

6. カラマツの成長も、尾根筋と中腹以下とはきわめてちがいがあり、前者は後者の 1/2 またはそれ以下の樹高しかない。これは、尾根筋は強い風 (常風) によってだけでも成長阻害があるのに、さらに先枯病によって新梢が次々とおかされて樹高成長がいちじるしくさまたげられることによるもので、中腹以下は、風による成長阻害がまったく考えられず、さらに先枯病の被害の進み方も緩慢であることが、このような極端な樹高の相違をもたらしたものと考えられる。

7. 先枯病の誘因となる常風は一応 3 m/sec (平均) 程度以上という目やすが得られ、2 m/sec 以下ならばあまり問題にしなくともよいのではあるまいか。
8. 以上のような理由から、カラマツ造林をおこなう場合には、風衝地形では大面積一斉造林をさけ、風向と風速を考慮して保護樹帯を残しておくことが何よりも有効な保護手段であると考えられる。

文 献

- 1) 青木昭二・高島正・竹内直文・大野時寛：カラマツ先枯病被害林分の成長について、札幌林友，**99**，pp.1~15，(1962)。
- 2) BIER, J. E.: The relation of bark moisture to the development of canker diseases caused by native, facultative parasites I. *Cryptodiaporthe* canker on willow. Canad. Jour. Bot., **37**, pp. 229~238, (1959)。
- 3) ———: Ditto. II. *Fusarium* canker on Black cottonwood. Ibid., **37**, pp. 781~788, (1959)。
- 4) ———: Ditto. III. *Cephalosporium* canker on western hemlock. Ibid., **37**, pp. 1140~1142, (1959)。
- 5) BROOMBERG, W. J.: *Cytospora* canker of poplars: Factors influencing the development of the disease. Ibid., **40**, pp. 1271~1280, (1962)。
- 6) 五十嵐恒夫：カラマツ先枯病の薬剤防除試験の方法と効果判定方法について，林業，**4**，pp.15~17，(1963)。
- 7) 飯塚 肇：防風林による風蝕の防止，林試研報，**45**，pp.95~129，(1950)。
- 8) 井上 桂：カラマツの成育についての風の影響，北方林業，**159**，pp.22~26，(1962)。
- 9) 井上成信・高須謙一：麦赤かび病に関する生態学的研究 第2報 子のう胞子の飛散と気象(1)，農学研究，**46**，pp.184~192，(1959)。
- 10) ———・———：植物病原菌の孢子飛散に関する研究 第2報 5, 6月の麦作地における状況，同上，**47**，pp.87~94，(1959)。
- 11) 石井 博・川尻啓介：ムギ類あかかび病の流行機構に関する研究(第10報) 潮風の本病に及ぼす影響，日植病報，**25**，p.225，(1960)。
- 12) 伊藤一雄：カラマツの先枯病について—北海道の激害地をみて—，北方林業，**143**，pp.43~48，(1961)。
- 13) ———：カラマツ先枯病とその防除，農業，**8**，pp.27~31，(1961)。
- 14) ———：カラマツ先枯病の病原菌と伝播および防除対策，森林防疫ニュース，**10**，pp.152~157，(1961)。
- 15) 加藤亮助・小野 肇：苫小牧地域におけるカラマツ先枯病発生造林地の実態，72回日林大会講，pp.238~240，(1962)。
- 16) 小林享夫：スギの暗色枝枯病に関する研究，林試研報，**96**，pp.17~36，(1957)。
- 17) 松井善喜：カラマツ造林の適地と本数密度，北方林業，**166**，pp.5~10，(1963)。
- 18) 中川祐四男・片岡是博・小関宇太：潮風害とカラマツ先枯病の発生について，第9回道林務部林業技術研究発表会講演集，pp.175~186，(1960)。
- 19) 西門義一・渡辺清志・井上成信：ヤマハンノキ芽枯病，農学研究，**46**，pp.206~217，(1959)。
- 20) 岡本光雄・中川祐四男：カラマツ先枯病発生地の環境，72回日林大会講，pp.291~295，(1962)。
- 21) 斎藤雄一・五十嵐恒夫・谷口三佐男・山口定一：カラマツ先枯病の薬剤防除に関する研究(I)—各種殺菌剤の茎葉散布による防除試験(予報)—，日林道支部講，**10**，pp.67~69，(1961)。
- 22) 佐々木紀：カラマツ先枯病の防除試験について，寒帯林(旭川営林局)，**102**，pp.46~50，(1962)。
- 23) 佐藤邦彦：東北地方におけるカラマツの先枯病(梢枯病，枝枯病)，森林防疫ニュース，**10**，94~97，(1961)。

- 24) 佐藤邦彦: 秋田営林局管内におけるカラマツ先枯病とその対策, 蒼林, **141**, pp. 46~56, (1961).
- 25) ———・横沢良憲・庄司次男: 最近におけるカラマツ先枯病の研究, 青森営林局林業技術研究集録 (1961), pp. 96~101, (1962).
- 26) ———・—————・—————: カラマツ先枯病に関する研究 (予報) I 東北地方における被害の実態, 13 回日林東北支部大会講, pp. 92~98, (1962).
- 27) ———・—————・—————: カラマツの先枯病に関する研究 I, 林試研報, **156**, pp. 85~143, (1963).
- 28) SATOO, T.: Relation between Rate of Transpiration and Rate of Absorption of Water in seedlings of *Cryptomeria japonica* Exposed to Artificial Wind. Bull. Tokyo Univ. Forests, **37**, pp. 19~29, (1949).
- 29) 佐藤大七郎: 防風林の木の水分関係, 演習林 (東大), **9**, pp. 25~30, (1952).
- 30) ———: スギ, ヒノキ, アカマツの蒸散作用におよぼす風の影響, 東大演習林報告, **50**, pp. 27~35, (1955).
- 31) 高橋栄治・中山嗣善: ナシの胴枯病多発生の原因と対策, 農・園, **37**, pp. 723~724, (1962).
- 32) 横田俊一: カラマツ先枯病の見分け方, 林 (道林務部), **97**, 20~24, (1960).
- 33) ———: カラマツ先枯病の現状とその見分け方について, 道森林防疫協会, 8 pp. (1961).
- 34) ———: 北海道におけるカラマツさき枯病, 北方林業, **142**, pp. 20~26, (1961).
- 35) ———・井上桂: カラマツ先枯病の発生と風との関係について (予報), 北方林業, **147**, pp. 177~182, (1961).
- 36) ———: 北海道におけるカラマツ先枯病の現況について, 森林防疫ニュース, **10**, pp. 160~164, (1961).
- 37) ———: カラマツ先枯病に関する研究 (II) 病原菌とその生活史, 林試研報, **142**, pp. 173~202, (1962).
- 38) ———: カラマツ先枯病について, 札幌林友, **100**, pp. 106~115, (1962).
- 39) ———: 道内におけるカラマツ先枯病発生地域におけるカラマツ造林立地の検討, 北方林業, **165**, pp. 361~367, (1962).
- 40) ———: カラマツ先枯病に関する研究 III カラマツ先枯病菌の胞子の放出, 分散とその発芽について, 林試研報, **151**, pp. 1~44, (1963).

図 版 説 明 (Explanation of plate)

Plate 1

- A. 防風柵の全景 A complete view of the shelter fence.
- B. 防風柵の内部 A inner part of the shelter fence.
- C. 総合気候観測装置 The apparatus of automatic climatological station.
- D. 防風柵内部のカラマツ (1960 年植栽) の成長はきわめて良好である。

A vigorously growing larch tree (planted in 1960) at the inner part of the shelter fence (Oct., 1963).

- E. 防風柵外のカラマツ (1960 年植栽) の成長はきわめてわるい。

Growth of larch trees (planted in 1960) growing in the open field are very poor (Oct., 1963).

- F. 防風柵内のカラマツ (1963 年春植栽) の成長はきわめてよく, 枝葉の着生量もおおい (樹高約 90 cm)。

Growth of the young larch (planted in 1963) growing in the shelter fence is very vigorous and the amount of shoots and leaves is abundant (Tree height, about 90 cm) (Oct., 1963).

- G. 防風柵外のカラマツ (1963年春植栽) は成長がわるく、枝葉の着生量もすくない (樹高約 70 cm).
Growth of the young tree (planted in 1963) is poor and the amount of shoots and leaves is little (Oct., 1963).
- H. わずか 1 成長期で激害となったカラマツ。
Heavily damaged larch tree during only one growing season (Oct., 1963).

**Studies on Shoot-blight Disease of Larch Trees IV.
Analytical studies on climatological factors, especially the
wind, upon the outbreak of the disease.**

Shun-ichi YOKOTA, Takeo TSURUTA and Takao SUZUKI

(Résumé)

Though it has been well known experientially that the outbreak of the disease and its damage is conspicuous in the sites blown by heavy wind during the growing period of larch, only a few reports with detailed data on the relation between the outbreak and the wind as one of the inducing factors of the disease have been published.

The writers wanted to discover the relation between the outbreak of the disease and the climatological factors, especially the wind, in two ways, i.e.,

(1) the survey of the damage caused by the disease and the wind (wind run, mean wind velocity and blowing hours in each wind direction, etc.) in 12 (11 after 1 year) sample plots established in 1961 at various topographic situations (upper flat, middle slope or concave, and bottom site), (2) the comparison of the damage surveyed inner part of the shelter fence constructed at the upper flat with that in the open field.

I General situation of the surveying area

The larch plantation used for the survey belongs to Mitsubishi Mining Co., Ltd., and was planted in 1960. The locality containing the surveying area is a typical one of the parts damaged by the disease in Hokkaido. Topography and position of sample plots are shown in Fig. 1 and the soil conditions are shown Fig. 2 and Table 1 and 2. According to the results of the soil survey, it seems that the condition is favorable for larch plantation.

II Observations on climatological factors

A. Survey in each sample plot

Mean wind velocity (10-minute-interval) in each sample plot was obtained by using anemometers of Robinson's type from the observations each lasting 10 minutes and simultaneously, and were carried out many times during the growing period of larch (from June to September, 1962) (Table 3). As shown in Table 3, wind is far stronger in the upper flat than in the other sites. The rate of the intensity of wind was calculated based on that of the sample plot No. 3 and Fig. 3 was obtained.

To obtain the detailed climatological factors, an automatic climatological station was set up in May, 1962, at the point marked ● in Fig. 1 (Plate 1, C), and the records on wind direction, mean wind velocity (10-minute-interval), temperature, precipitation, etc., were obtained between June and September, 1962 and 1963.

Compared with the mean wind velocities in plot No. 3 with those in the same period obtained from the record of automatic climatological station, the former is about 3 times weaker than the latter in the south wind, and about 4 times weaker in the north wind (Table 4).

From the record of automatic climatological station, it is clear that the prevalent wind is southeast or south followed by north (Table 5, 6 and Fig. 4, 5). The mean wind velocity in 10-minute-interval and wind run in each month and wind direction are shown in Table 7.

Because of the fact that wind run and blowing hour in the southeast, south and northwest wind are considerably great, converted value of wind in sample plot No. 3 from those of automatic climatological station were calculated for convenience' sake 3 times smaller in southeast, south and southwest wind and 4 times smaller in northeast, north and northwest wind, based on the results shown in Table 4. Further, these results were used for calculation of data of wind in each sample plot according to Table 3, and as shown in Table 8, 9 and Fig. 6, total wind run, mean wind velocity and blowing hours were obtained. According to these results, total wind run in sample plots No. 2 and 3 situations in the upper flat amounted to above 30,000 km followed by above 20,000 km in No. 1 and No. 11. For all these high values in the upper flat, 3 times or more smaller wind run was calculated in the other sample plots. As for mean wind velocity and blowing hours during the growing period, it was calculated that south wind above 3~4 m/sec blew for 1,700 hours in sample plots No. 1, 2, 3, and 11 in 1962. On the contrary, in sample plots situated in lower position, mean wind velocity was slightly under 1 m/sec. In general, wind in 1963 was weaker than in 1962, especially in August and September.

In addition, temperature and precipitation were observed by automatic climatological station for 2 years, and temperature in each sample plot between 9 and 10 AM was measured in 1962. These results were shown in Table 10, 11 and 12.

Spore dissemination was estimated by reading the records of precipitation and the range of temperature (maximum and minimum) where the rainfall lasted. The results were shown in Table 13 and it was estimated that abundant spores sufficient for inoculation to larch shoots occurred in both years.

B. The effect of shelter fence upon windbreak

To determine the effect of shelter fence upon windbreak, the bamboo shelter fence of 4 m in height and 30×30 m in size was set up at the upper flat in the fall of 1961 (Plate 1, A, B). In the inner part of the fence, healthy larch seedlings were planted to the vacant points, from where heavily damaged larch trees (planted in 1960) had been removed beforehand, and infected parts of shoots of the remainder were cut off in early May, 1963. Thus a healthy situation was established in the inner part of the fence. For the check plot, healthy seedlings were planted in the open field of 20×20 m in size in the same flat as in the fence. The distance from the fence to the check plot is about 50 m.

Nine anemometers of Robinson's type were set up in the inner part of the fence and 1 in the middle part of the check plot. Wind velocity was observed by the survey each lasting 10 minutes and simultaneously at several times during the growing period of larch trees in 1963. These results were shown in Table 18 and Fig. 9.

It is clear that there exists a conspicuous difference in the wind velocity between the check plot and the inner part of the fence.

Total sum of temperature measured between 9 and 10 AM is shown in Table 19. Temperature was somewhat higher in the inner part of the fence than in the open field.

III Outbreak of the disease

A. In each sample plot

The degree of the damage defined by indices in each sample plot is given in Table 14, and

the number of infected shoots and parts and the percentage of infection are shown in Table 15 and 16, where the top shoot and upper 5 lateral shoots of each numbered sample tree were surveyed. This is based on the assumption that whether the upper part of the tree is healthy or not is the most important point.

From these tables it is clear that the trend of the damage fast becomes heavy in the upper flat, and the progress of the disease is slow in lower sites; also the extent of the damage in 1963 was less than in 1962. These features are prominent especially in the plots situated in the upper flat.

General situation of the growth of trees in each sample plot is shown in Table 17. In the fall of 1962, tree height of sample plots in the upper flat, heavily damaged by the disease, decreased in comparison with that in the previous year. In the other sample plots larch trees grew normally. In 1963, the tree height at the sample plots in lower sites became 2 times or more taller than those in the upper flat where the tree height increased a little over that in the previous year. The relation between the degree of damage and the growth of trees summarized in Fig. 8.

B. In the shelter fence and in the open field

The degree of the damage, the number of infected shoots and parts, and the percentage of infection in the inner part of the fence and in the open field are given in Table 20, 21, and 22. Based on these results, two important facts are recognized: (1) the pathogenicity of the causal fungus is strong, and (2) the effect of the fence breaking the wind is very great.

Growth of larch trees in the inner part of the fence and in the open field is given in Table 23 and 24 (Plate 1, D~H). For the check to the inner part of the fence, the larch trees of healthy top shoot planted in 1960 were selected in the upper flat where no breaking effect of the fence was expected, and their tree height and the increase in this year were measured. As clearly shown in Table 23, growth of trees planted in 1960 in the inner part of the fence is conspicuous and is equivalent to that in sample plots in the lower site where a normal growth is obtained. Further, it was proved that if the trees are protected from the strong wind during the growing period, the damage by the disease will be slight and good growth can be expected even on the site situated in the upper flat.

According to these results it is clear that the heavy wind during the growing period of larch is the main factor likely to cause an outbreak of the disease after the larch trees are infected and to make the damage more severe. The most important points to be considered are (1) why the wind becomes one of the main inducing factors of the disease and (2) how much prevalent wind velocity and how many blowing hours is necessary to become the factor.

It is well known that, in spite of the sudden increase of transpiration by wind, absorption of water is delayed and the balance of water in the plant becomes abnormal. Such being the case, it may be said that the action of wind toward the physiology of trees is negative. Besides, numerous wounds favorable for fungus invasion will be made on young shoots resulting from the action of the wind. This may serve as a positive factor for the causal fungus, though it is made clear that the causal fungus can invade from non-wounded young tissue of larch.

Recently, the disturbance of growth of larch trees in Hokkaido resulting from the action of the prevalent wind during the growing period has been surveyed. The growth of larch is disturbed by the wind of 4 m/sec (mean) by 840 hours or of 3 m/sec by 1,800 hours. But no disturbance whatever was caused by winds of 2 m/sec or less. The mean wind velocity in the upper flat from June to September, 1962, was 3~4 m/sec or more, and blowing hour was 1,700

hours; in the lower site it was more or less 1 m/sec. The progress of the damage by the disease in the upper flat was very fast and almost all trees in the sample plots were damaged severely. On the contrary, the damage by the disease in the lower site was much less. In 1963, wind velocity was 3 times less than in the previous year and the damage in the upper flat lighter. Accordingly it may be concluded that the site, where visible disturbance of the growth by the prevalent wind is expected, is unfavorable for larch plantation, and the limit of mean wind velocity may be regarded as 2 m/sec or so during the growing period.

Because of the fact that the difference of the total sum of temperature could not explain the difference of growth between each sample plot, and that the growth in the upper flat where the wind was broken by the fence was equivalent to that in the bottom site where the soil condition was discovered to be somewhat better for growth than in the former, the effect of factors (the soil condition and climatological conditions other than wind) influencing the growth of larch may be negligible in the present surveying area.

As for the methods for breakage of wind, especially on the upper sites, the production of a shelter belt of trees of appropriate size and direction may be the most effective.

Laboratory of Forest Pathology,
Laboratory of Disaster Prevention,
Hokkaido Branch,
Government Forest Experiment Station,
Sapporo, Hokkaido, Japan.

— Plate 1 —

