人工ふぶきによる防雪林の実験的研究

(Experimental Studies on the Snow-Protection Forest with Scale Models under the simulated Conditions of Snow-storm)

新 井 秀 雄
Hideo ARAI

1. 緒 言

ふぶき防止林については、従来の資料と鉄道技術研究所に於ける 1951, 51, 52 年の現地実験及び風洞による模型実験等によつて相当解明されて居り、又戦後の防風林に関する若干の資料もふぶき防止林の機能考察に大いに参考となつて居るが、林の状態と機能の関係を一般的に論ずるには資料が不足で、ふぶきによる模型実験によつて之等の関係を少し検討してみた。この実験は旭川鉄道管理局の依頼によつたのでカラマツ林を主としているがスギについても若干試み、林の密度即ち植栽方法、林巾、枝下高等と機能の関係を調べてみた。更に防雪柵の密度による相異と斜列柵についても簡単な実験を行つて居るので併せて報告する。

註： 本報告では便宜上「粉」を「雪」として取扱う。例へば堆粉量は堆雪量とする。又 Scale もわかり易くするために原則として現尺に換算したものを使用する。

2. 実 験 方 法

模型林を風洞の中に造り、風洞気流で粉体を飛ばしてふぶきに似た状態とし、適当時間継続して粉の吹溜り具合から各種の模型林の機能を調べた。以下に模型、粉、風洞及び送粉方法、測定法について説明する。

(i) 模 型

T.-1

種 類	ス ギ	カラマツ (A)	〃 (B)	〃 (C)	林衣樹
H(mm)	45	51	35	59	23
h_c	30	32	24	42	12
h_o	15	19	11	17	11
D_c	20	5	4.5	5.2	6
d	2	1	1	1	1
本 数	400	1300	800	400	200
縮小率	1/100	1/250	〃	〃	〃

樹種は、スギ、カラマツ、林衣樹（広葉樹）の三種で、カラマツは更新林型を造るため、大、中、小の三種類とした。

この模型を板に孔をあけて挿入し林を造つた。従つて枝下高は挿し込みを加減することによつて変へられるので便利である。植栽間隔は、スギについては 2.5cm の正三角形（2.5m△に相当）、カラマツでは 8mm の正三角形及び正方形植（2M△・□）の林を造つた。

(ii) 粉 の 選 定

従来の実験では、酸化アルミニウム、炭酸マグネシウムを使用して居り、アメリカの報告では防雪柵の実験に雲母片及びバルサ材の鋸屑等を使用している。その他似た様なものに、酸性白土、重炭酸ナトリウム、ステアリン酸石灰、酸化亜鉛等があり之等についても検討してみたが、吸湿性、粘着性等の欠点が多い様で、結局アルミナと炭酸マグネシウムを使用した。主としてアルミナ（薬局法、1 級品、2 級品）を使つたが使用回数が増すと粒子が荒くなつて飛散性が變つてくるので、適当にマグネシウムを混入して行つた。

(iii) 風洞及び送粉装置

① 風洞は F.-2 に示す如く密閉型で全長 7 M 520、測定部は側面と上部がガラス張りで観測に都合よくなつて居る。又特に集粉室を設けて粉を回収する様にしてある。

② 送 粉 装 置

F.-2 人工ふぶき風洞

F.-4 送粉装置

F.-3 送粉機

送粉機と装置は、F.-3、F.-4、に示すようなもので、風洞の下部からゴムホースで粉を供給する様にした。送粉機は型で、ホッパーの粉は下部の Screw で運ばれブロワーの気流に乗ってゴムホースから風洞内に導かれる。Screw の回転速度とブロワーの風圧を適当に調整することによって連続的に送粉することが可能である。この状態では風洞内のブロワーによる風速の影響は、送粉口から 20 cm 位迄で模型附近の風洞風速には影響しない。安全のために送粉口と模型との距離は 60 cm 位をとつてある。送粉量は毎分約 100 g で 10~20 分間位で実験している。

(iv) 測定方法

模型は前述の如く、50×35×1 cm の板に造り、この板の前後に F.-4 の如く同じ寸法の板を並べ、模型部分の交換に便利な様にしてある。

模型林の附近に堆積した粉の状態は縦断面を測定する様にした。これは遊尺顕微鏡の微動装置を利用して、粉の表面と板面との差で求めた。粉を乱さないで模型内部迄連続的に測れて非常に具合がよい。

(v) 相似性の問題

模型を用いた風洞実験の相似性の問題は今のところ未解決で、従来の本邦及び諸外国の実験に於ても解明されて居らない様である。

ここでは現地に於ける仮設林の資料を参考にして風洞実験の条件を合はせる様にした。酸化アルミニウムで風速 5 M/S 附近の場合、実際のふぶきの風速 10~15 M/S 位に相当するものと思はれる。

3. 機能の判定法

ふぶき防止林の機能は、ふぶきの際線路上に障害になる様な堆雪をつくらないものが効果 100 % となるので、一定のふぶき量に対する線路上の堆雪量から判定するのが直接的でよいと思はれるが、堆雪の形状により不安定な場合も起り得るので、ここでは林の飛雪阻止の観点から林の風上側前方及び林内の堆雪量と、線路側に透過した量とをとり、これらの全量との割合から機能の比較を行つてみた。

即ち a_o , a_f , a_r , A を夫々林の裏側、内側、前側及び全体の堆雪量、 η_f , η_p を防雪効率及び透過率とすれば

$$\eta_f = \frac{1}{A} (a_o + a_f) \dots\dots\dots (1)$$

$$\eta_p = \frac{1}{A} a_r = 1 - \eta_f \dots\dots\dots (2)$$

となる。ここでは二次限として実験しているので、断面積を堆雪量として扱う。この場合の測定範囲は原則として風上側前方に於ては 15~20 M, 線路側では 50 M をとり堆雪状態によつて若干加減している。

4. ふぶき防止林の機能

(記号の説明)

S—杉模型

K—からまつ模型

第1接尾字 列数

第2 " 林巾 (現尺換算, M.)

(例) S₁₈₋₃₆ スギ模型, 18列, 36 M巾.

T.—2 実験内容一覧

分類	模 型	実 験 種 類	No.	記 号
A	スギ模型一斉林	現地実験との比較	1	S ₁₈₋₃₆
B	カラマツ一斉林	林巾と機能の関係	2~6	K ₁₂₋₂₀ ~K ₃₅₋₆₀
C	"	枝下高 "	7	K ₁₂₋₂₀
D	"	吹溜りの発達状態	8	K ₃₅₋₆₀
E	"	正方形植栽, 林巾と機能の関係	9~14	K ₆₋₁₀ ~K ₃₁₋₆₀
F	カラマツ二段林	更新林巾の機能	15~18	K _{II-20-81}
G	" 三段林	"	19~26	K _{III-12-72}
H	スギ模型一斉林	林巾と枝下高の影響	27~29	S ₅₋₉ ~S _{10-19.5}
I	"	"	30~33	S ₅₋₉ ~S ₁₅₋₃₀
J	"	"	34~38	S ₅₋₉ ~S ₂₀₋₄₁
K	カラマツ一斉林	側方林縁の状態	39~40	K ₃₀₋₅₀
L	防雪柵, 一連	密度比較	41~43	
M	斜列柵, 二連	斜角度の比較	44~46	
A°	スギ仮設林	吹雪防止林の総合実験 (東能代現地実験)	A ₀₋₁ ~3	S ₂₄₋₄₀ ~S ₁₃₋₂₀
B°	トウヒ仮設林	"	B ₀	K ₁₈₋₃₀

T.—3—1

(註: 括弧内は現尺)

分類	No.	記 号	植栽法 (× $\frac{1}{縮尺}$)	林 型	林巾 (W cm)	林高 (H cm)	枝下高 (hc m)	樹冠密度
A	1-1 4	S ₁₈₋₃₆	2.5cm 正三角形 (2.5M△)	一 斉 林	35.7(35.7M)	4.0(4M)	0.6(0.6M)	0.6
B	2-1 6	K ₁₂₋₂₀	8mm 正三角形 (2M△)	一 斉 林	7.6(19)	3.7(9.3)	0.4(1.0)	1.4
	3-1 8	K ₁₈₋₃₀	"		11.8(29.5)			
	4-1 6	K ₂₄₋₄₀	"		15.9(40)			
	5-1 7	K ₃₀₋₅₀	"		20.1(50)			
	6-1 6	K ₃₅₋₆₀	"		23.5(59)			
	7-1 2 3 4 5	K ₁₂₋₂₀	"	一 斉 林	7.6(19)	5.5(13.8) 5.2(13.0) 4.9(12.3) 4.7(11.8) 4.5(11.3)	1.0(2.5) 0.7(1.8) 0.4(1.0) 0.2(0.5) 0.0	1.4
D	8-① ⑥	K ₃₅₋₆₀	"	一 斉 林	23.5(59)	3.7(9.3)	0.4(1.0)	1.4
E	9-1 2	K ₆₋₁₀	8mm 正方形 (2M□)	一 斉 林	4.0(10)	3.7(9.3)	0.4(1.0)	1.2
	10	K ₁₁₋₂₀	"		8.0(20)			
	11	K ₁₆₋₃₀	"		12.0(30)			
	12	K ₂₁₋₄₀	"		16.0(40)			

T-3-1				T-3-2			
分類	No.	記号	形状	分類	No.	記号	形状
A	1-1 4	S ₁₈₋₃₆		E	13-1 2	K ₂₆₋₅₀	
B	2-1 6	K ₁₂₋₂₀		F	14-1 2	K ₃₁₋₆₀	
	3-1 8	K ₁₈₋₃₀			15-1 3	K ₁₂₋₂₀	
	4-1 6	K ₂₄₋₄₀			16-1 3	"	0.96
	5-1 6	K ₃₀₋₅₀			17-1 6	"	0.95
	6-1 6	K ₃₅₋₆₀			18-1 6	"	0.98
C	7-1			G	19-1 3	K ₁₂₋₇₂	0.95
	-2				20-1 3	K ₁₂₋₇₂	0.88
	-3				21-1 2	"	0.95
	-4				22-1 2	"	0.97
	-5				23-1 4	"	0.98
D	8-1 6	K ₃₅₋₆₀			24	"	0.92
	9-1 2	K ₆₋₁₀			25	"	0.92
	10	K ₁₁₋₂₀			26	"	0.94
	11	K ₁₆₋₃₀					
	12	K ₂₁₋₄₀					

T.-3-2

分類	No.	記号	植栽法 (× $\frac{1}{\text{縮尺}}$)	林型	林巾 (W cm)	林高 (H cm)	枝下高 (h cm)	樹冠密度
E	13-1 2	K ₂₆₋₅₀	8mm 正方形 (2M□)	一斉林	20.0(50)	3.7(9.3)	0.4(1.0)	1.2
	14-1 2	K ₃₁₋₆₀	"		24.0(60)	"	"	
F	15-1 3	K ₁₂₋₇₂	8mm 正三角形 (2M△)	二段更新林 第1回更新期	32.4(81)	林衣帯1.7(4.3) 林 3.0(7.5)	0.2(0.5) 0.3(0.75)	1.4
	16-1 3	"	"	第2回更新期	"	"	"	
	17-1 6	"	"		"	"	"	
	18-1 6	"	"		"	"	"	
G	19-1 3	K ₁₂₋₇₂	8mm 正三角形 (2M△)	三段更新林 第1回更新期	28.8(72)	林衣帯1.7(4.3) 第1林2.5(6.3) 第2林2.5(6.3)	0.2(0.5) 0.2 0.2	1.4
	20-1 3	K ₁₂₋₇₂	"	第2回更新期	"	林衣帯1.7(4.3) 第1林2.5(6.3) 第2林5.5(6.3)	0.2 0.2 1.0(2.5)	
	21-1 2	"	"	第3回更新期	"			
	22-1 2	"	"					
	23-1 4	"	"					
	24	"	"					
	25	"	"					
	26	"	"					

T. -3-3

分類	No.	記 号	植栽法($\times \frac{1}{縮尺}$)	林 型	林巾(W cm)	林高(H cm)	枝下高(h cm)	樹冠密度			
H	27	S ₅₋₉	2.5cm止三角形 (2.5M△)	一 斉 林	8.6(8.6)	3.3(3.3)	0	0.6			
	28	S ₇₋₁₃	〃		13.0(13.0)	〃	〃				
	29	S _{10-19.5}	〃		19.4(19.4)	〃	〃				
I	30	S ₅₋₉	〃	一 斉 林	8.6(8.6)	3.6(3.6)	0.3(0.3)	0.6			
	31	S ₇₋₁₃	〃		13.0(13.0)	〃	〃				
	32	S _{10-19.5}	〃		19.4(19.4)	〃	〃				
	33	S ₁₅₋₃₀	〃		30.2(30.2)	〃	〃				
J	34	S ₅₋₉	〃	一 斉 林	8.6(8.6)	4.0(4.0)	0.7(0.7)	0.6			
	35—1 } 2	S ₇₋₁₃	〃		13.0(13.0)	〃	〃				
	36	S _{10-19.5}	〃		19.4(19.4)	〃	〃				
	37	S ₁₅₋₃₀	〃		30.2(30.2)	〃	〃				
	38	S ₂₀₋₄₁	〃		41.0(41.0)	〃	〃				
K	39	K ₃₀₋₅₀	8mm 正三角形 (2M△)	一 斉 林	20.1(50)	3.7(3.7)	0.4(0.4)	1.4			
	40				〃	〃	〃	〃			
L	41		$H \times L$ 4.2cm $\times$ 30cm	直角柵、 一 連				1.0			
	42—1 } 2							〃	〃	〃	0.8
	43—1 } 2							〃	〃	〃	〃
M	44		$H \times L$ 4.5cm $\times$ 15cm	斜列柵、 二 連				0.8			
	45							〃	〃		
	46							〃	〃	〃	

T-3-3

分類	No.	記号	
H	27	S ₅₋₉	→
	28	S ₇₋₁₃	→
	29	S _{10-19.5}	→
I	30	S ₅₋₉	→
	31	S ₇₋₁₃	→
	32	S _{10-19.5}	→
	33	S ₁₅₋₃₀	→
J	34	S ₅₋₉	→
	35-1	S ₇₋₁₃	→
	2		
	36	S _{10-19.5}	→
K	37	S ₁₅₋₃₀	→
	38	S ₂₀₋₄₁	→
L	41		
	42-1		
M	43-1		
	2		
	44		
	45		
	46		

F. -5

模型林と仮設林との比較

- × 1-1 (S₁₈₋₃₆)
 ○ 1-2
 △ 1-3
 ● 1-4
 ⊙ A₀₋₁ (S₂₄₋₄₀)

実験内容は第2表の如くで、スギ、カラマツの一斉林の他に、二段林、三段林について実験している。以下分類順序に実験結果の概要を述べる。

(A) スギ模型一斉林と仮設林との比較

T. 4-1 人工仮設林 (東能代現地実験)

No.	記号	$a_o(\text{cm}^2)$	$a_f(\text{cm}^2)$	$a_r(\text{cm}^2)$	$A(\text{cm}^2)$	測定範囲	a_o/A	a_f/A	a_r/A	η_f	雪丘頂位置 (M)
A_o-1	S_{24-40}	0.5	5.7	1.5	7.7	-6M~15M	0.07	0.74	0.19	0.81	15
-2	S_{18-30}	0.7	5.9	2.2	8.8	(-2H~5H)	0.08	0.67	0.25	0.75	10
-3	S_{13-20}	0.6	3.8	2.7	7.1		0.08	0.54	0.38	0.62	10
B_o	K_{18-30}	0.5	6.4	1.9	8.8		0.06	0.73	0.21	0.79	15

T. 4-2 スギ模型一斉林 (現地実験との比較)

No.	記号	a_o	a_f	a_r	A	測定範囲	a_o/A	a_f/A	a_r/A	η_r	η_f	雪丘頂位置 (M)
1-1	S_{18-36}	5.0	29.0	1.2	35.2	-8~20M	0.14	0.83	0.03	0.97	0.95	11
-2	"	8.6	36.4	3.6	48.6	(-2H~5H)	0.18	0.75	0.07	0.93		12
-3	"	4.1	20.4	0.5	25.0		0.16	0.82	0.02	0.98	0.92	10
-4	"	2.5	27.9	5.3	35.7		0.07	0.78	0.15	0.85		11

		$a_o i$	$a_f i$	$a_r i$	$A i$	(夫々の粉の散布量)						
1-3		4.3	20.9	8.7	33.9							
-4		4.5	20.7	7.6	32.8							

人工ふぶきによる模型実験と、現地に於ける人工仮設林の実験とを比較して相似条件を決めるために行つたのであるが、F. 5 の如く風速 5 M/S 附近の場合雪丘頂の位置及び η_f を比較すると、仮設林の 12.5 M に対して 11 M 附近、 η_f では 81% と 92~95% で少し異なるが傾向は似ている様である。スギの模型林では仮設林に比較して樹冠が少し密で、雪丘も顕著であり η_f も大きくなつたものと思はれる。樹冠密度(ウツベイ度)は仮設林の 0.52 に対し模型林では 0.6 でこの影響もでているのであらう。又最初に粉を適當の厚さに散布して積雪状態を假想して実験してみたが大した相違はなかつた。

K 30~50 (カラマツ三角形植栽) P. 9~3

K III-12-72 (カラマツ二段更新林型) P. 11

(B. E) カラマツ-齊林の林巾と機能の関係

カラマツ-齊林の林巾を 20~60 M の範囲で変化して機能を検討してみた。(F. -6 参照) 正三角形植栽では奇麗な二次曲線になり, 正方形植では 30 M 附近で急に小さくなって曲つている。正三角形の場合は 30 M 附近まで増加が著しく, 以後はゆるやかになる。最初に粉を少し散布した場合もほぼ同じ状態である。林巾 50 M では何れも 85~90% 附近になり良好である。

ここで $W \sim \eta_f$ の実験式を求めてみると

$$\eta_f = 1 - \frac{K}{W^2} \dots\dots\dots (3)$$

の K を W の函数として $K = c + bW + aW^2 \dots\dots\dots (4)$

の常数 a, b, c を計算すると $K = 36 + 13.8W - 0.2W^2 \dots\dots\dots (5)$

(3) (5) より $\eta_f = 1 - \frac{1}{W^2} (36 + 13.8W - 0.2W^2) \dots\dots\dots (6)$

$$\left\{ \begin{array}{l} h=1M \\ 100 > W \geq 20 \\ 2M \triangle \end{array} \right\}$$

F. -6 カラマツ林 ($H=9M$, $h=1M$) $W \sim \eta_f$

$2M \triangle$	$\times$	-----	$H_{pi} = 0$
"	$\circ$	-.-.-.	$H_{pi} = 4mm(1m)$
$2M \square$	$\square$	-----	$H_{pi} = 0$
$2M \triangle$	$\triangle$	-.-.-.	実験式

F. -7

F. -8 線路中心の積雪高 $W \sim H_p$ (2 M 正方形植)

(6) 式の計算値は F.—6 の如くで実験値とよく合致する。

雪丘頂の位置は F.—7 の様に、20 M では林外にでているが、30, 40 と増すに従って前方に移動し、50, 60 M では殆んど変わらない。雪丘頂は送粉量によつても変るので大体同量のものについて整理してある。又線路中心に於ける積雪高及び線路附近の堆雪量と林巾の関係についても整理してみたが E.—8, F.—9, の如くで大差はない。

正三角形と正方形植栽の比較は F.—9 の様になり、正三角形植栽がよい結果を示している。

(C) 枝下高の影響

T.—5 カラマツ一斉林 (枝下高と機能)

	a_o	a_f	a_r	A	測定範囲	a_o/A	a_f/A	a_r/A	η_f	(枝下高) $h(\text{cm})$	M
7-1 (K_{12-20})	4.4	0.4	20.6	25.4	-20~75M	0.17	0.02	0.81	0.19	1.0	2.5
-2	6.6	2.1	22.5	31.2		0.21	0.07	0.72	0.28	0.7	1.75
-3	7.5	5.3	16.7	29.5		0.25	0.18	0.57	0.43	0.4	1.0
-4	7.2	8.3	20.8	36.3		0.20	0.23	0.57	0.43	0.2	0.5
-5	6.5	10.9	24.4	43.8		0.15	0.25	0.60	0.40	0.0	0

林巾 20 M の林について、枝下高を 0, 50, 100, 175, 250 cm とし η_f を求めた。枝下高の影響を大きくするために林巾を狭くとりすぎた様であるが、1 M 以下では大した変化がなく、1 M 以上で急速に機能が低下する傾向がでている。狭林巾では枝下高の影響を重視しなければならない。(F.—10 参照)

(D) 吹溜りの発達状態

林巾 60 M のカラマツ一斉林について吹溜りの状態を検討してみた。林の機能は初期には低く、ある程度の吹溜りができると急速に増大し漸次増加が弱まって遂に効果を失うわけで、その間の状況を調べてみた。ここでは 6 回にわけて測定したが、最初のふぶきでなだらかな雪丘ができ、2, 3 回と稍前方に成長し次第に発達して 5, 6 回と増大してくると後方に移動を始めて、その脚は林外に延びてくる様になる。この傾向がよくあらわれている。(F.—11 参照)

T.—6 カラマツ一斉林 (吹溜りの発達状態)

No.	a_o	a_f	a_r	A	測定範囲	a_o/A	a_f/A	a_r/A	η_f
8-① (K_{35-60})	3.5	9.1	0.2	12.8	-20~30M	0.27	0.71	0.02	0.98
-②	2.3	6.8	0.3	9.4		0.25	0.72	0.03	0.97
-③	1.8	8.8	0.4	11.0		0.16	0.80	0.04	0.96
-④	1.1	9.6	0.2	10.9		0.10	0.88	0.02	0.98
-⑤	2.4	11.8	0.4	14.6		0.16	0.81	0.03	0.97
-⑥	-0.9	11.3	0.6	11.0		-0.08	1.03	0.05	0.95
計	10.2	57.4	2.1	69.7		0.15	0.82	0.03	0.97

F.—9

F.—10 枝下高の影響

$h \sim \eta_f (2M\Delta, H=9M, W=20M)$

F. —11—1 吹溜りの発達状態 [K₃₅₋₆₀]

F. —11—2 吹溜りの発達状態

(F) 二段更新林型

カラマツ二段林型で、植栽後樹高 9 M 位 (12 年目) になった時や第 1 回更新時と、更に 12 年目、即ち 樹高 16 M 位 (24 年目) の時の更新林型についての機能を調べた。林の前後に林衣帯をつけてあり、1 林分が 32.5 M、全林巾が 81 M になり何れの型に於ても η_f が 94% 以上で非常によい結果を示している。堆雪状態をみると林衣帯の効果も相当でている様である。

(G) 三段更新林型

1 林分は 19 M、全林巾は前後の林衣帯を含めて 72 M の林に於ける更新時の機能を調べてみたが大体に於てよい結果を示している。

第 1 回目は η_f が 96% になり問題ないが、第 2 回は 89% で全体を通じて一番低下している。此の場合は中央林分とレール側林分とで構成されているが、レール側林分の枝下高が 2.5 M に上昇しているのでこの部分の透過の影響があらわれている様である。第 3 回目は 93% で良好である。

(H. I. J) スギの一斉林の林巾と枝下高の影響

H ……、枝下高を 0 M にして林巾を 8.6~19.4 M まで変化

I ……、枝下高を 0.3 M にして林巾を 8.6~30.2 M まで変化

J ……、枝下高を 0.7 M にして林巾を 8.6~41.0 M まで変化

上記の如く枝下高が大になるに従つて林巾をより広く

T. —7 スギ一斉林 (林巾と枝下高の影響)

No.	枝下高 $h(\text{mm})$	林 巾 $L(\text{cm})$	a_o	a_f	a_r	A	測定範囲	a_o/A	a_f/A	a_r/A $=\eta_p$	η_f	$\bar{\eta}_f$
27(S ₅₋₉)	0	9	9.4	13.4	5.1	27.9	-8~12	0.34	0.48	0.18	0.82	0.36
28(S ₇₋₁₃)	0	13	8.1	20.2	2.6	30.9	-8~9	0.27	0.65	0.08	0.92	
29(S _{10-19.5})	0	19.5	8.9	19.0	0.9	28.8	-8~9	0.31	0.66	0.03	0.97	
30(S ₅₋₉)	3	9	8.5	11.2	11.8	31.5	-8~20	0.27	0.36	0.37	0.63	
31(S ₇₋₁₃)	3	13	7.9	13.9	6.2	28.0	-8~20	0.28	0.50	0.22	0.78	
32(S _{10-19.5})	3	19.5	7.9	23.5	2.1	33.5	-8~9	0.24	0.70	0.06	0.94	
33(S ₁₅₋₃₀)	3	30	7.6	21.4	0.9	29.9	-8~9	0.25	0.72	0.03	0.97	
34(S ₅₋₉)	7	9	6.1	0	11.8	17.9	-8~24	0.34	0	0.66	0.34	
35-2(S ₇₋₁₃)	7	13	5.0	0.8	10.2	16.0	-8~20	0.31	0.05	0.64	0.36	
-1	7	13	6.0	2.7	15.0	23.7	-8~20	0.25	0.11	0.64	0.36	
36(S _{10-19.5})	7	19.5	5.6	10.1	4.4	20.1	-8~12	0.28	0.50	0.22	0.78	
37(S ₁₅₋₃₂)	7	30	4.5	20.9	1.8	27.2	-8~12	0.17	0.77	0.06	0.94	0.36
38(S ₂₀₋₄₁)	7	41	4.8	28.6	1.4	34.8	-8~9	0.14	0.82	0.04	0.96	

とつて比較してみた。傾向は F. —12 の如くで何れも η_f が 90% 以上になると増加率が非常に小さくなっている。即ち $h=0$ では 20 M, 0.3 M では 25 M, 0.7 M で 35 M が限界でこれ以下では急速に悪くなる様である。線路附近の堆雪状況からみてもほぼ同様の結果である。

$\eta_f \sim W$ の実験式を (3) 式と同様に考えて

$$\eta_f = 1 - \frac{K}{W^2} \text{ の } K \text{ をこの場合 } h \text{ の関数として}$$

$$K = c_1 + c_2 h + c_3 h^2 \dots\dots\dots (7)$$

として常数を決めると

$$K = 14 + 10h + 100h^2 \dots\dots\dots (8)$$

即ち

$$\eta_f = 1 - \frac{1}{W^2} (14 + 10h + 100h^2) \dots\dots\dots (9)$$

$$\begin{cases} h < 1M \\ 50 > W > 6M \end{cases}$$

(9) 式に於て $\eta_f = 0.9$ と置いて $h \sim W$ の関係を求めると

$$W = \sqrt{10(14 + 10h + 100h^2)} \dots\dots\dots (10)$$

(10) 式から η_f が 90% になる様な林巾が枝下高に依じて求められる。

(9) 式は F. —12 の如く大体実験値と同じ傾向である。

(K) 側方林縁の影響

カラマツ一斉林について側方の影響を実験してみた。風向と直角軸方向の堆雪範囲と後方の廻折状態を検討したが、風速によつて異なるけれども、横方向の最大が $1H$ 以内、後方の廻折点の位置は $2H$ から $4H$ 位の様である。斜風の場合を調べると面白いと思う。

(L.M) 防雪柵の実験

直角柵の密度比較と斜列柵の機能を調べた。模型は直角柵では密度(遮閉度) 1, 0.8, 0.5 の3種, 斜列柵は 0.8 のもの2枚を使用した。材料は鉄板と鉄線である。

(i) 直 角 柵

柵の堆雪領域を後方 $5H$ までとして η_f を求めると何れも 90% 以上になり、密度 0.8 のものが 98% で最高である。透過量によつて比較してみると遮閉度の異なる順に 20%, 56%, 66% となつてゐる。

総合的にみて 0.8 が最もよく、0.5 でも相当の堆雪機能があつて線路の位置を適当にすれば充分実用になると思はれる。1.0 のものもよいが風圧に対する強度の問題、下部の洗堀等の難点があつてあまり実用的でない。

T. —8 防 雪 柵 (密度比較)

No.	ρ (密度)	a_0 -3H→0	a_f 0→5H	a_r 5H→7H	A -3H→7H	a_0/A	a_f/A	a_r/A	$a_r/A = \eta_r$	η_f	$\bar{\eta}_f$	$\bar{\eta}_r$	透 過 量 ($a_f + a_r$)1/A = η_p	5H の 堆雪高 (H pmm)
41	1	25.3	4.5	1.9	31.7	0.80	0.14	0.06	0.94	0.94	0.94	0.06	0.20	5.0
42-1	0.8	15.3	14.9	0.9	31.1	0.49	0.48	0.03	0.97	0.98	0.98	0.02	0.51	1.3
-2	"	19.2	28.0	1.2	48.4	0.40	0.58	0.02	0.98	0.98	0.98	0.02	0.60	1.8
43-1	0.5	10.2	18.9	3.0	32.1	0.32	0.59	0.09	0.91	0.91	0.91	0.09	0.68	6.0
-2	"	20.0	30.5	4.7	55.2	0.36	0.55	0.09	0.91	0.91	0.91	0.09	0.64	8.0

F. —12 林巾、枝下高の影響 (杉)

$$\begin{aligned} &2.5M \Delta \\ &H = 3.3M \sim 4.0M \end{aligned}$$

$$W, h \sim \eta_f$$

F.—13 防雪柵の密度と透過量
 $\rho \sim \eta_p$

ρ (遮閉度)

F.—14 斜列柵

F.—15
 $L/l \sim \beta$

(ii) 斜列柵

風向と線路との角度を 30° と仮定し、風向に対して $40^\circ, 50^\circ, 60^\circ$ の斜列柵 3 組について実験を行つた。定量的な比較がむづかしいので見取図と写真から判断すると 50° が一番よい様である。(F.—16 参照) 設置状態は F.—14 の如くで条件は

$$AB, CD, EF \parallel l$$

$$AR \parallel CR_2 \parallel ER \parallel \dots\dots\dots$$

$$\angle ACB = \alpha, \angle AEO = \beta$$

$$d, L \text{ を求めてみると } (BC \equiv d, AC \equiv L)$$

$$d = \frac{1}{\sin \alpha} l \sin (\beta - \alpha) \dots\dots\dots (11)$$

$$L = \frac{1}{\sin \alpha} l \sin \beta \dots\dots\dots (12)$$

α, β の組合せから $d/l, L/l$ を計算すると、 $\alpha = 30^\circ, \beta = 50^\circ$ の場合

$L/l \approx 1.5$ で幾何学的有効延長が 1.5 倍になる。又 $L/l \sim \beta$ の関係は α をパラメーターにとると F.—15 の様な傾向である。

5. 結 言

- (1) 人工ふぶきの模型実験はこの方法で一応の成果が得られさうである。
- (2) 林巾、枝下高とふぶき防止機能との関係は定量的に求められ簡単な実験式で整理できた。
- (3) 二段、三段の更新林型の機能は何れも良好であつた。
- (4) 防雪柵については更に実験を重ねて密度と堆雪範囲との関係を明確にしたい。
- (5) 斜列柵も種々な α, β の組合せて検討すればよいと思う。
- (6) 林の総合的な密度(林巾、枝下高、樹冠密度、植栽間隔)と機能の関係をふぶき量と結びつけて更に検討したい。

終りにこの実験に当り御指導と御便宜を与へられた防災研究室長山内技師、同室塩谷技師、旭川鉄道管理局施設部保線課長小川技師、同課井上職員、及び本庁施設局保線課長小野木技師、同課大場職員、又実験に協力下された当室の吉田、金森、佐藤の三君並びに写図された山田君に感謝の意を表します。

6. 参 考 文 献