



北海道林業試験場時報

第 3 5 號

林内外積雪の性質と幼苗に及す影響

北海道林業試験場

北海道・江別町野幌

昭和16年10月

序

本場に於ける試験成績は北海道林業試験場報告として之を發表しをるも、右試験中比較的簡易なるもの、或は急速に其の成績を發表する必要があるもの、其の他試験經過の一部なるも應用性ありと認むるもの等を本報に掲ぐることをとす。

昭和16年10月10日

北海道林業試験場長

技 師 服 部 正 相

目 次

I 緒 言	1
II 積雪の密度	2
(1) 積雪各層の密度	2
(2) 新雪密度の比較	4
(3) 新雪の時間的變化	5
(4) 表層積雪の變化と氣象要素の關係	6
(5) 表層積雪の月別平均密度	8
(6) 降雨の密度に及す影響	9
(7) 雪質と密度	10
(8) 密度の垂直分布	11
III 積 雪 深	14
(1) 林内外積雪深の差異	14
(2) 林内林相別積雪深の差異と融雪	16
IV 積雪の沈降と幼苗の雪中變化	17
V 結 言	24

林内外積雪の性質と幼苗に及す影響

技 師 阿 部 富 士 夫

I 緒 言

積雪の一般理學的性質に對しては、從來屢々論ぜられたところであるが、積雪の特殊景態としての林内の積雪に對する研究は極めて微々たるものがあり、殊に林業の分野に於ては應用上多々研究の餘地あるものと考へられる。特に本道に於ては積雪期間長く、降水量の約 40% は降雪に仰ぐ状態にして、雪と林業經營は複雑なる利害關係を有す。

此處に於て林内積雪の特性に就き其の一端を明らかにし、育林事業上參考の資に供せんとするを目的とし、昭和 15~16 年冬季間野幌試験林に於て調査したる結果を此處に記述せんとす。尙同時に上川森林治水試験所に於ても調査を遂げたるを以て本稿中適時引用せんとするものである。

今調査の概要を述ぶるに、林外調査箇所として選定したるは、當場第 1 試験苗圃地内に於て、供試養苗も同苗圃のものである。此の地點から約 100m 隔りたる樹齡 80 年内外、鬱閉度 0.9 のとどまつ林に更に林内調査箇所を選定した。

昭和 15 年 12 月末から翌 16 年 4 月融雪まで積雪深及び表層密度は毎日午前 10 時に調査を行ひ、積雪層の密度、沈降及び雪中幼苗に就いては略 10 日置きに、融雪時は特に沈降状態につき 3 日置きに夫々林内外に於て調査を爲したが、調査方法に就いては更に項を追うて詳記することとす。

II 積雪の密度

積雪の密度の問題は積雪の物理的性質に關係するところ多く、重要な研究主題として従來各方面の組上に載せられて來たが、我が林業上に於ても最も關係深い問題として凡ゆる角度から考察する必要があるものと思はれる。雪の密度は一定容積の雪の重量を之と同體積の水の重量に比較したものである。

(1) 積雪各層の密度

昭和15年12月末から略10日置きに4月融雪まで、雪面から地面に至る各層の密度を調査した。容器は直徑20cm 深さ10cmの圓筒形のものを供用した。

12月中は積雪少く所定各層の區別が困難のため之を省略し、1月以降調査の結果を表層(10cm)、全層(雪面から地面まで)及び下層(地上10cm)に區別し、第1表及び第1圖A, B, Cに表示した。

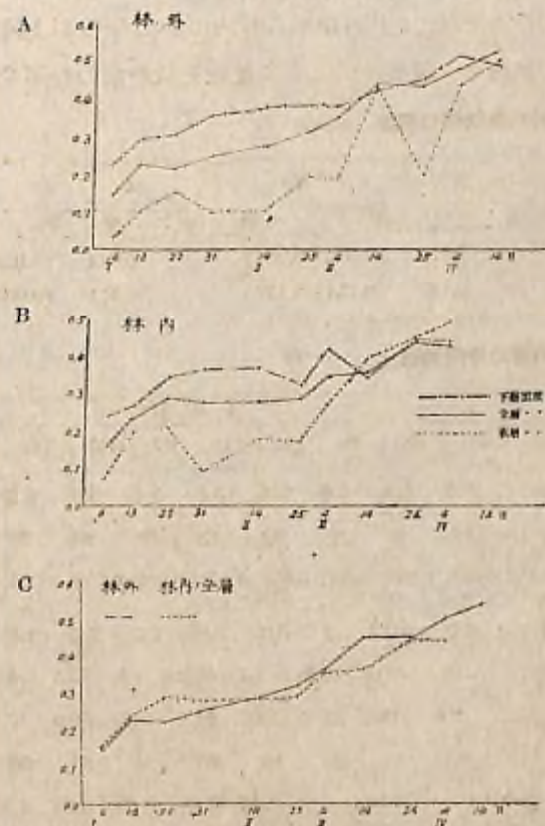
第1表： 表層、全層、下層密度 gr/cm³

調査日	林外				林内			
	表層	全層	下層	積雪深(cm)	表層	全層	下層	積雪深(cm)
1. 6	0.080	0.146	0.228	50	0.068	0.151	0.238	24
1.13	0.105	0.227	0.296	42	0.197	0.233	0.269	20
1.22	0.156	0.220	0.307	72	0.213	0.284	0.344	30
1.31	0.103	0.248	0.350	86	0.094	0.275	0.363	45
2.14	0.104	0.274	0.374	109	0.177	0.275	0.366	50
2.25	0.195	0.312	0.382	172	0.173	0.281	0.323	60
3. 4	0.196	0.353	0.382	161	0.279	0.345	0.415	60
3.14	0.433	0.439	0.430	127	0.390	0.354	0.342	43
3.26	0.208	0.436	0.452	118	0.441	0.432	0.438	30
4. 4	0.436	0.485	0.517	90	0.486	0.426	0.437	30
4.14	0.509	0.526	0.496	45	—	—	—	—



雪密度測定器

第1圖 冬季間各層密度消長曲線



表層密度は新雪の影響により不規則であるが、全層及び下層に於ては漸増の状態に在り、B圖林内に於て3月中旬以降表層密度が最も大なる傾向を示したるは特殊現象にして、期間中降雨を見表面氷結したるによる。次にC圖の林内外全層の密度曲線を見るに2月中旬まで林内大きく、以後林外密度の方大なる現象を呈してゐる。其の年度の氣象状態にもよるであらうが、從來想像せられた如く、林内密度は林外密度よりも小であらうといふ事は、時期により一律に確言出来ないものと思はれる。

(2) 新雪密度の比較

1月以降毎日午前10時に直徑10cm、深さ5cmの圓筒形の容器を以て表層密度を測定したるを以て、其の中から林内に於て5cm以上降雪のありたる日を選定し、林内外の新雪密度として比較を試みたのが第2表である。

第2表： 林内外新雪の密度 gr/cm³

種 別	林 外		林 内	
	密 度	範 圍	密 度	範 圍
新 雪	0.074	(0.066~0.084)	0.044	(0.038~0.051)
新 雪(吹雪)	0.115	(0.114~0.117)	0.071	(0.064~0.086)

第3表： 新雪の時間的變化

時 間	1 3 日									
	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h
深 さ(cm)	5.6	5.6	5.6	5.6	5.5	5.4	5.3	5.2	5.0	4.8
重 量(gr)	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88
密 度	0.050	0.050	0.050	0.050	0.051	0.052	0.053	0.054	0.056	0.058
風 力(m/s)	0.0	0.0	0.0	0.3	0.8	2.0	2.6	1.8	1.2	1.0
氣 温	-10.6	-10.8	-9.9	-8.5	-7.2	-7.0	-5.5	-6.0	-8.8	
日射量(gr-cal/cm ²)	3.6	18.0	25.2	18.0	21.6	54.0	36.0	10.8	0	
濕 度(%)	96	96	90	89	86	84	80	59	55	60
日 照 時 數				0.61	0.85	0.23	0.65	1.00	0.90	

元來新雪密度として掲上するには、降雪中又は降雪直後に測定したものでなければならぬが、此の點測定上の相違がある。測定回数は1月中4回、2月中2回、合計6回の平均値であり、又吹雪を伴ひたる時は密度も異なるので、吹雪を伴ひたる新雪として2月中3回の調査結果を掲上した。何れも林内に於て遙かに小であることが知れる。

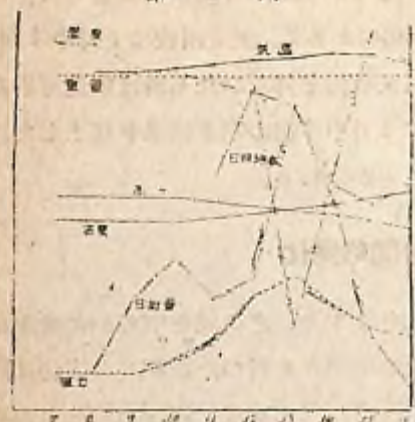
(3) 新雪の時間的變化

新雪は1日中時間的に如何なる變化をなすや、之に就き明らかにせんがため、昭和15年1月13~14日上川に於て調査を行つた。調査の方法は降雪前雪面上に板を敷き、其の上に降積つた雪の密度、深さの變化を調査したもので、特に無風状態のものを選定した。降雪は12日の22時10分から始り13日の6時50分に止んだ。13日17時以後調査を休止し、14日6時から再び調査をなしたもので、其の調査結果及び氣象概況は第3表及び第2圖(13日分)の通りである。但し第2圖2日目は初日と同様に付省略す。表中平均は夜間調査休止期間の平均値である。

之に依つて見るに、雪の深さは漸減し、密度は漸増し、重量は終始不變である。

→ 平均 ←	1 4 日										
	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h
	4.2	4.2	4.1	4.1	4.0	4.0	3.9	3.9	3.8	3.5	3.8
	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88
	0.067	0.067	0.068	0.068	0.070	0.070	0.072	0.072	0.074	0.074	0.074
(1.9)	3.5	1.4	3.6	2.4	4.1	3.0	2.7	2.0	1.7	2.1	2.4
(-15.3)	-14.6	-15.0	-13.0	-11.0	-10.0	-8.8	-7.3	-8.6	-9.0	-11.5	
(0)	0	0	25.2	46.8	57.6	64.8	68.4	43.2	39.6	18.0	
(89)	84	83	83	78	70	64	65	54	61	65	71
(0)				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	

第 2 圖



1月 (13日)

温のみは密度と正関係、深さの遞減と逆関係を表示してゐる。日射量はロビッチ式日射計、日照はジョルダンの日照計により測定した。

(4) 表層積雪の變化と氣象要素の關係

A 一日中の變化

相當の新雪を見たる翌日、或は2日目の晴天無風状態の日を選び、10時、13時、16時の3回に互り林内外に於て積雪深及び表層5cmの密度の變化を調査し、最も關係深しと考へられる気温と日射量との相關關係を調査した。調査月日は1月中16, 18, 19, 23の4日間、2月中4, 9, 11, 12, 17, 20の6日間、計10日間にして、之等調査時の積雪深の低下及び密度の増加と夫々気温、日射量との相關關係を算出したる結果は第4表である。又10日間の算術平均値を出し林内外の比較を爲したものを第5表に示す。

第4表： 積雪深低下及び密度の増加と氣象要素の相關係數

種 別	密 度 の 増 加		積 雪 深 の 低 下	
	氣 温	日 射 量	氣 温	日 射 量
林 外	+0.439±0.122	+0.062±0.150	+0.728±0.071	+0.085±0.150
林 内	+0.376±0.145	+0.308±0.152	+0.416±0.140	+0.209±0.161

第5表： 各因子の平均値

種 別	時 間	積 雪 深 下 量 (cm)	密 度 増 加 量 (gr/cm ³)	氣 温 (C°)	日 射 量 (gr. cal/cm ²)
林 外	10~13	1.3	0.014	-3.13	149
	13~16	1.1	0.010	-3.58	100
林 内	10~13	0.7	0.012	-3.87	11
	13~16	0.4	0.005	-2.81	6

氣象因子は雪面に近いほど大きく作用せられるが、積雪深の低下は積雪層全體の作用結果であり、密度の増加は雪面5cmの調査結果である。相關係數の傾向を見るに、密度、積雪深何れも日射量とは殆ど關係を認めることが出来ないが、気温とは低次ながら多少の關係を認め、殊に積雪深の低下に於て然りである。而して積雪深の低下量及び密度の増加量は何れも林内は林外に比し少い傾向を示す。次に気温の(+)の場合と(-)の場合を夫々3時間變量の平均値として算出するに第6表の如く、気温の0°以上の場合は0°以下の場合に比し積雪の沈下も、密度の増加も遙かに多いことが知れる。而も林外は林内に比し多い。気温が0°以下の場合は必ずしも温度に比例せず、気温以外の因子が大きく作用するのであらう。

第6表： 気温の正負による差異

種 別	氣 温 (C°)	積雪深低下量 (cm)	密度増加量 (gr/cm ³)	日 射 量 (gr. cal/cm ²)
林 外	(+)3.44	1.9	0.017	118
	(-)6.28	0.8	0.010	127
林 内	(+)2.34	0.9	0.016	9
	(-)5.24	0.4	0.006	8

B 日 變 化

Aと同様の目的を以て更に積雪の沈下及び表層(5cm)密度の増加と氣象要素の關係を明らかにせんがため、毎日午前10時林内外に於て調査を行つたものから、降雪後無降雪期間の日を摘出し日變化の相互關係につき

調査を試みた。

該調査に選定した日は1月中15日、2月中8日、3月中10日間である。気温、日射量との相関関係を第7表に、各調査因子の算術平均値を第8表に表示す。

第7表： 積雪沈下及び密度の増加と氣象要素の相関係数

種 別	密 度 の 増 加		積 雪 深 の 低 下	
	氣 温	日 射 量	氣 温	日 射 量
林 外	+0.415±0.128	+0.286±0.142	+0.362±0.134	-0.049±0.154
林 内	+0.236±0.154	-0.045±0.163	+0.656±0.093	+0.138±0.161

第8表： 各因子の平均値

	積雪深低下量 (cm)	密度増加量 (gr/cm ³)	氣 温 (C°)	日 射 量 (gr. cal/cm ²)
林 外	3.2	0.049	-4.49	372
林 内	1.0	0.024	-6.35	30

該表に見る如くAと同様の結果を得た。

新雪の時間的變化、積雪の1日中變化及び毎日變化に記述したところを通覽するに、積雪の沈下及び密度の變化現象に對しては氣象要素中気温と多少の平衡的關係を認め得るのみで、他は殆ど無關係に在るものの様である。但し風壓に對しては此處に記述し得ない。

(5) 表層積雪の月別平均密度

(3) 及び (4) 項に於て雪面の密度と氣象要素の關係に就いて記載したが、本項に於て月別平均の雪面密度と気温、日射量の關係を検討することとした。

1月以來調査を行つた毎日午前10時の表層5cmの密度を月別に平均し、之に對し月別の平均気温、平均1日の日射量を算出したものを第9表に示す。

第9表： 月別雪面密度と気温、日射量

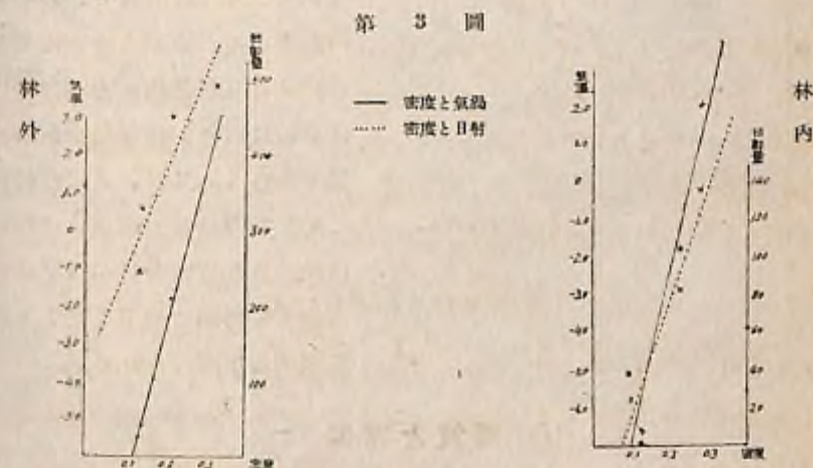
林 外				林 内			
月別	密 度	氣 温	日 射 量	月別	密 度	氣 温	日 射 量
1	0.137	-5.42	248	1	0.122	-6.99	9
2	0.141	-5.13	330	2	0.094	-5.16	24
3	0.214	-1.78	448	3	0.223	-1.83	81
4	0.328	2.39	491	4	0.275	2.01	135

此の關係を林内外の別に圖示すれば第3圖の如くで、大體直線の附近に點が揃ふ。依つて最小自乗法により實驗式を決定すると次の如くになつた。但し ρ は密度 gr/cm³、 t は平均気温 C°、 S は平均1日の日射量 gr. calorie/cm² とす。

$$\begin{aligned} \text{林外} \left\{ \begin{aligned} \rho &= 0.262 + 0.02320 t \\ \rho &= -0.068 + 0.00072 s \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{林内} \left\{ \begin{aligned} \rho &= 0.240 + 0.02067 t \\ \rho &= 0.092 + 0.00141 s \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

上記の如く月別の平均値を取ると、密度と気温、日射量の間に平衡的關係を現す。



(6) 降雨の密度に及す影響

本道に於て嚴寒中降雨を見ることは比較的稀な事に屬するを以て、之が

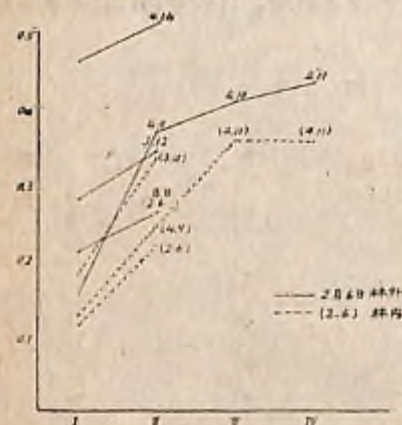
表層 5cm 密度に如何に影響するやを知らんがため、2月6日(林外降水量 7.5)、3月12日(4.4)及び4月9日(0.0)、10日(8.5)、11日(6.5)、14日(1.9)に夫々林内外に於て降雨前の其と比較調査を行つた結果を第10表及び第4圖に示した。

第10表： 降雨後の密度

月 別	林 外		林 内	
	密 度	増 加	密 度	増 加
2 月	0.262	0.053	0.216	0.102
3 月	0.344	0.067	0.331	0.153
4 月	0.429	0.130	0.318	0.076
平 均	0.345	0.083	0.288	0.110

林内に於て4月14日は殆ど融雪し測定不確實のため省略した。調査回

第4圖 降雨後表層密度の變化



数が少いため結果を云々し難いが、降雨のため水分を増加し密度が大となるは事實で、而も林内の方が増し方が大きい様である。4月9日林内の方増加率の低いのは雨量が極端に少かつた爲であらう。2月、3月の林内に於て増加度合の高いのは樹冠に保持されてゐた雪が露又は過雪として雪面に落下したことに起因すると考へられる。

(7) 雪質と密度

雪質は精密には十數種に分類せられるが、林業上の應用的分類としては積雪内部の變化過程を斟酌し、乾雪、濡雪、締雪、濡締雪、粗目雪、凍雪の程度が適當と思はれる。

今冬季間積雪内部に就き野幌に於て調査を行つた林内外別及び上川の平均値に、比較のため山形縣新庄町積雪地方農村經濟調査所に於ける既往の調査結果を加へ第11表及び第5圖に表示した。

第11表： 雪質による密度 gr/cm^3

種 別	箇 所 別	新 雪	締 雪	粒 雪	凍 粒 雪
林 外	上 川	—	0.222	0.241	0.331
	野 幌	0.074	0.227	0.403	0.500
	新 庄	0.09	0.29	0.37	0.58
林 内	野 幌	0.044	0.224	0.351	0.429

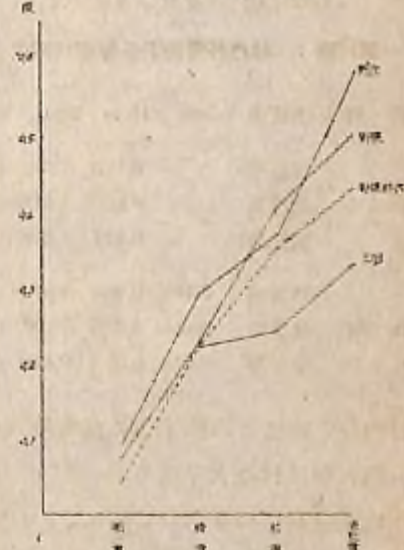
野幌に於ける林内外を比較するに、何れも林内の方小に、上川の方は更に少なる値を示した。新庄の調査結果は概して大きい數値を示してゐるが、林外3箇所を比較すると北方のほど概して値が小さく、緯度の關係を表すものと思はれる。

(8) 密度の垂直分布

短期間に降積つた新雪は雪層の壓力に比例し深さと共に密度を増加するが、長期に亘る舊雪は其の内部に於て日々の天候に

影響され融解凍結が繰返されて却々單純ではない。然し一般に深さと共に上下しつつも次第に増大して行くことは疑無いところで、今冬季間約10日置き林内外に於て連續調査の結果は季節により一定の傾向を有つものの如く、依つて初雪期(自1月初、至1月末)、最深積雪期(自1月末、至3月初)及び融雪期(自3月末、至4月中)の3季に區分を爲した。12月中は積雪極めて少く、又3月半ば頃は兩期に

第5圖 雪質と密度



跨がり不確實のため除外した。初雪期3回、積雪期4回、融雪期3回の調査数値を各層に就き平均したものが第12表で、密度の對數で表示すると第6, 7圖の如く、點は殆ど直線狀をなす。

依つて $\log \rho = a + dx$ を假定し最小自乗法により實驗式を求め次式を得た。但し ρ は密度 gr/cm^3 , x は深さ cm とす。

$$\begin{aligned} \text{林外} \left\{ \begin{array}{l} \text{初雪期} \quad \log \rho = \log 0.1517 + 0.00467 x \quad (10 \sim 50 \text{cm}) \\ \text{積雪期} \quad \log \rho = \log 0.1941 + 0.00335 x \quad (10 \sim 90 \text{cm}) \\ \text{融雪期} \quad \log \rho = \log 0.4579 + 0.00051 x \quad (10 \sim 60 \text{cm}) \end{array} \right. \\ \text{林内} \left\{ \begin{array}{l} \text{初雪期} \quad \log \rho = \log 0.1426 + 0.01408 x \quad (0 \sim 30 \text{cm}) \\ \text{積雪期} \quad \log \rho = \log 0.1605 + 0.00864 x \quad (0 \sim 60 \text{cm}) \\ \text{融雪期} \quad \log \rho = \log 0.4481 + \log 0.9970 x \quad (0 \sim 30 \text{cm}) \end{array} \right. \end{aligned}$$

第12表： 林内外雪面下各層平均密度 gr/cm^3

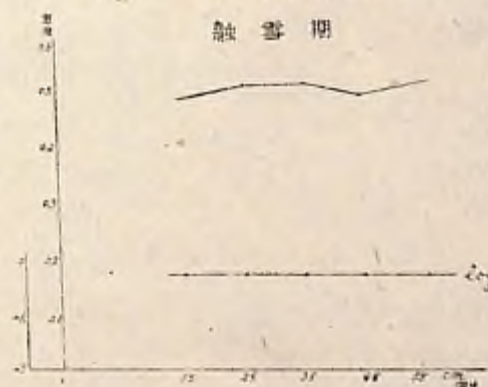
種別	季節別	5cm	15cm	25cm	35cm	45cm	55cm	65cm	75cm	85cm
林外	初雪期	—	0.172	0.202	0.238	0.233	—	—	—	—
	積雪期	—	0.206	0.247	0.273	0.263	0.273	0.345	0.356	0.360
	融雪期	—	0.474	0.487	0.488	0.471	0.488	—	—	—
林内	初雪期	0.159	0.258	0.304	—	—	—	—	—	—
	積雪期	0.181	0.236	0.306	0.354	0.360	0.369	—	—	—
	融雪期	0.464	0.387	0.438	—	—	—	—	—	—

林内外の密度を比較するに初雪期及び最深積雪期は各層とも林内の方が大に、融雪期は林外大である。

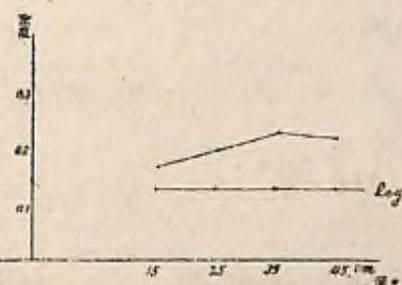
次に實驗式につき考察するに、 a の値は直線の高さを意味するを以て、之によりて見るに林内外とも融雪期に進むほど直線が高く、即ち密度全體が増大して行くを示してゐる。又 d の値は直線の傾斜を意味するを以て、之に就いて見るに林内外とも融雪期に進むほど數値が小であり傾斜度の少きを示し、即ち上下の密度の差の次第に減ずるを知る。而して林内は林外に比し數値が大で即ち傾斜が急であり、各層の密度の差の大なることを知る。次に林内融雪期實驗式の d は負數を示してゐるが、之は直線が右側に

傾斜することを示し、即ち雪面の氷結するが爲で特殊な現象であり、凍結融解しつつ雪層の沈降し行くことは林内の特性であり、之が雪中の幼苗に及す影響も亦自ら異なるべきである。

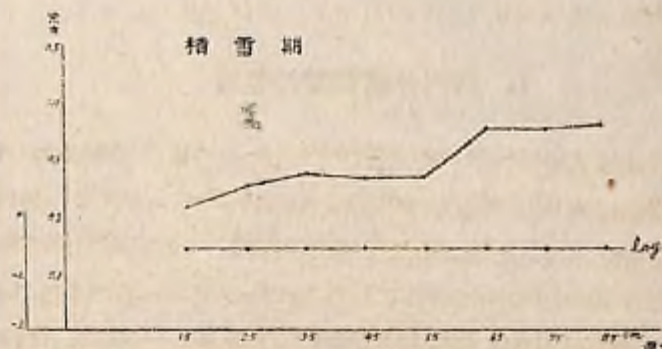
第6圖 林外密度垂直分布曲線



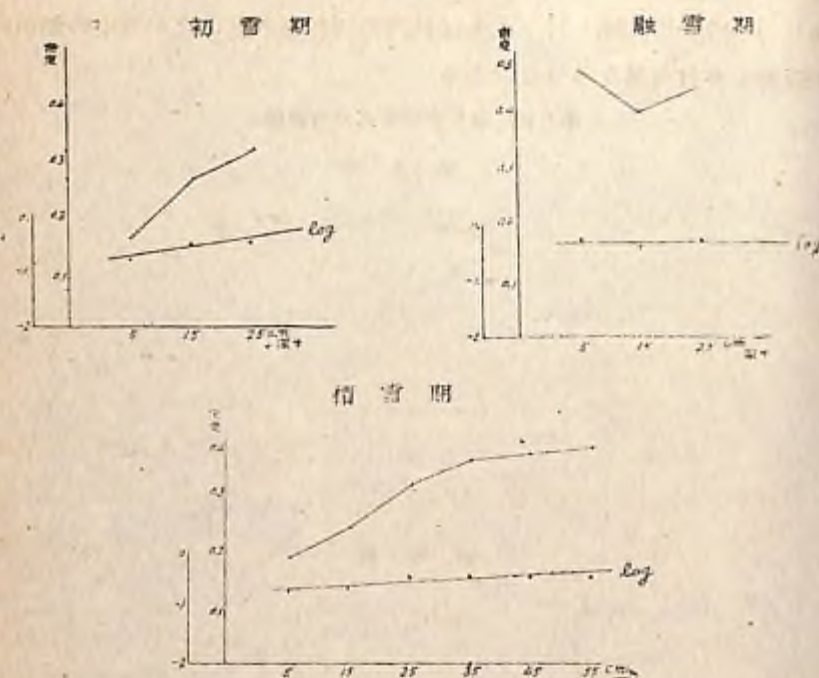
初雪期



積雪期



第7圖 林内密度垂直分布曲線



III 積雪深

積雪深の變化と氣象要素の關係に就いては既に記述したが、積雪深に關聯する其の他の事項に就き調査の結果を此處に記述せんとす。

(1) 林内外積雪深の差異

林外積雪深は試験場構内に測定箇所を設け、林内は此の地點から約 500m 隔りたる鬱閉度約 0.8、樹齡約 80 年生、樹高約 20m のとどまつ林内に 3 箇所の測定箇所を設け、之を平均して林内積雪深とした。12 月降雪から 4 月融雪まで毎日午前 10 時 1 回調査を行つた。此の中から林内外とも積雪深の増加したる日 29 日分を摘出し前日との差を求め、次の如く林内の林外

に對する増加の比及び樹冠保留率を日毎、月別に求め其の數値を平均して算出した。

Δh : 1 日間の林外積雪深の増加

$\Delta^1 h$: 1 日間の林内積雪深の増加

$\frac{\Delta^1 h}{\Delta h} = a$ 林内の林外に對する積雪深増加の比

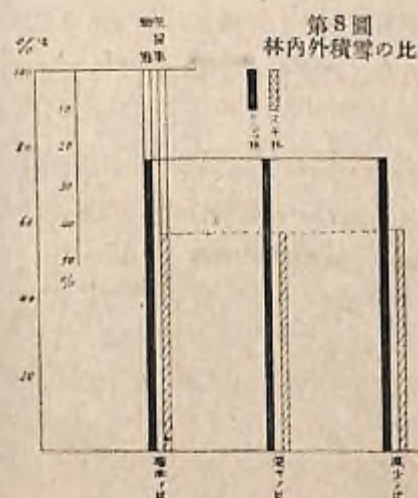
$\frac{\Delta h - \Delta^1 h}{\Delta h} = 1 - a$ 積雪樹冠保留率 (a の餘數)

次に林内外に就き前述の如き算出方法により林内の林外に對する積雪深の比を求めた。

次に調査表の中から積雪深の林内外とも減少したる日 45 日分を摘出し夫々前日との差を求め、前記の如き算出法により林内の林外に對する積雪深減少の比を求めた。之等を表示したものが第 13 表及び第 8 圖である。

第13表： 林内對林外積雪消長の比

月 別	12 月 (%)	1 月 (%)	2 月 (%)	3 月 (%)	4 月 (%)	平 均 (%)	杉 林 (%)
積雪増加の比	69.8	52.1	71.6	55.0	133.5	76.4	57
積雪深の比	59.4	56.4	71.9	74.9	122.7	77.1	58
積雪減少の比	64.8	93.6	63.5	134.2	45.6	80.3	61
積雪樹冠保留率	30.2	47.9	28.4	45.0	-33.5	23.6	43



3 月及び 4 月の候に於て霰又は雨のため樹冠上の雪が落下し林内の方遙かに増嵩したる事あり、又樹冠上の雪が露となり地上雪面に落下し林外に比し遙かに著しい降雨状態を呈し深さの減少したる事あり。之等の特殊な現象のため著しく大なる數値を現したる事あるも、其の平均値に於ては大差を認めず。比較のため新潟縣十日町に於ける樹

齡 44 年、鬱閉度 0.8 の杉林と對照するに消長の比は極めて良く一致す。杉林の方數値の小なるは、鬱閉度は何れも 0.8 なるもとどまつは薄い平面的上層樹冠なるに對し、杉は厚味のある圓錐形の立體的冠形を呈するため、雪に對する樹冠保留率の大なるに起因す。

年を通じての林内對林外の積雪深の比は 77.1% を示してゐるが、此の數値は林地に達した降水量と裸地降水量との比を意味するものではない。降水量に就いては尙闡明する機會があるであらうが、林外に同量に降つた雪は積雪深 20% 餘は一旦樹冠上に止るも強風の時は雪として落下し、氣温の上昇したる時は露として滴下するを常とし、一方蒸發を考ふるに林外に於て單一雪面から蒸發するに對し、林内では地上堆雪面と樹冠上の兩雪面を有するも、林内の兩蒸發面の狀態から林内外双方に大なる差異あるとは考へられないので、結局冬季降水量としては Engler 學派の主張する如く林内外の差は極めて僅少であると思はれる。

(2) 林内林相別積雪深の差異と融雪

林内林相別積雪深の差異に就いては林業上些少の問題として從來殆ど顧みられなかつたところであるが、森林微細氣象、或は森林治水試験の分野に於ては研究を要する問題であり、實際問題として積雪の多少が幼苗の生育上大なる影響を及ぼすことありとすれば、必ずしも等閑に附することは出来ないであらう。

昭和 16 年 3 月 5 日及び 6 日の兩日上川試驗林に於て調査の結果は、第 14 表に示す如く潤葉樹林は冬季葉無きに拘らず孔狀部に比し 90%、針葉樹林下は平均 68% を示してゐる。野幌に於ける 3 月 5 日及び 6 日の裸地に對する平均 70% に比し上川の針葉林下の其は略同數を示してゐる。

第 14 表： 林内積雪の差異

種 別	積 雪 深 (m)	比	較
孔 狀 部	1.30		100
潤葉樹林下	1.17		90
針葉樹林下	0.88		68

次に融雪の狀況に就き調査の結果を記するに、林内に於ては針葉樹林下最も早き傾向を示すも傾斜の方向が最も大きな影響を及ぼすこと明らかで、上川に於ける調査の結果南面最も早く、次に西面は 11 日遅れ、東面及び北面は最も遅く更に 9 日の遅延を見た。尙林外は西面と同日融雪す。次に野幌の平地林に就いて見るに、林外に比し林内は 6 日の遅延を見た。

IV 積雪の沈降と幼苗の雪中變化

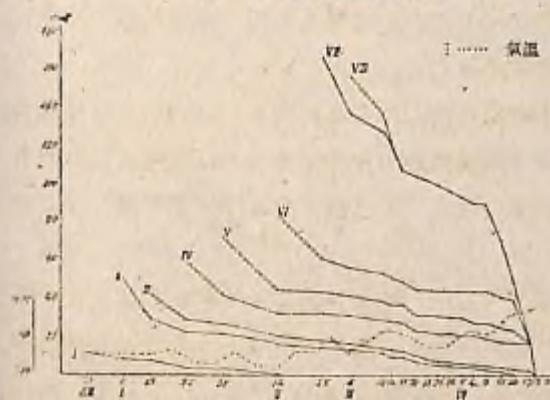
幼苗の雪中に於ける變化の狀態を明らかにし所謂雪害の經過程度を究明せんがため、之と關聯する積雪内部の沈降、密度の變化等に就いても同時に調査を行つた。

雪中に於ける幼苗に對しては積雪の沈降は直接的影響を及し、密度は間接的影響を及ぼすものと考へられる。

調査箇所として林外は第 1 試驗苗圃地内に選定し、供試幼苗の附近に於て積雪の調査を行つた。此の位置から約 100m 隔りたるとどまつ林内に於ても同時に幼苗及び積雪の調査を行つた。

積雪内部の沈降の推移を知る必要から適當日數の間隔を置き、相當の降雪量のあつた翌日雪面に鋸屑、粉炭を交互に撒布し 12 月末から 3 月初まで

第 9 圖 林外積雪沈降曲線



8 層を作つた。3 月中旬迄は適時に、それ以後融雪時は約 3 日置きに積雪に縦斷面を作り、地上から高さを檢する方法により林内外に於て行つた。第 9、10 圖は其の概要を示すものである。

12 月 28 日に撒布した第 I 層は林外は 2 月初、

第10圖 林内積雪沈降曲線



林内は2月末融雪したが、1月6日撒布の第Ⅱ層以下は殆ど4月融雪時まで残存した。只第Ⅷ層は間もなく融雪し第Ⅶ層と一致した。

積雪の沈降に就いては

種々の原因が考へられるが、融解、蒸發、積雪の自重等は其の主因であり、本調査の例では圃地及び林地の幼苗に對しては地面に近い積雪下層の融雪、沈降、密度の増加等が直接の關係因子であり、積雪の中、上層部のそれは間接的影響を齎すに過ぎない。

積雪の沈降に就いては既に積雪深の低下、林内外減少の比に於て其の一部を記述したが、此處に於ては積雪内部特に下層の沈降に就き少しく記載せんとす。

沈降の狀勢を見るに林外は林内に比し曲線が急である事を特徴としてゐる。此の現象は言ふまでもなく雪面は勿論地上近くの下層部に於ても融雪が常に林外の方大なるによるものである。同様の調査を上川に於ても行ひ略類似の結果を得てゐるが、12月中旬に作つた初層が4月融雪時まで残存するの狀況を呈し、各月とも沈降が極めて少く、殊に中層以下は2月中殆ど沈降を見なかつたといふ狀況を示したが、野幌と上川の氣象狀態の差異に基づく顯著な現象と言ふべきである。

林外に於ては積雪が直接土壤面に接してゐるに對し、林内に於ては積雪と土壤面との間に地温を遮る落葉腐植質が介在することは最も大なる條件の差異であり、又林内の方氣温の低いことは積雪の沈降狀態を異にする最大の原因である。

次に供試苗木の概要につき述ぶるに、圃地小苗は苗高5cmの2年生とどまつ苗にして圃地に密生せる狀態に在り、圃地大苗はとどまつの5年生床替苗にして約15cmの間隔に在り、苗高17cmから20cm、枝下高10cm内

外、苗幹枝部の長さ5cm内外、枝張りの直徑14cmから20cmの程度である。林地天然苗は大小不齊であるが、平均苗を調査の結果、苗高20cm内外、枝下高7cm、枝部の長さ10cm、枝張りの直徑25cm内外のとどまつである。

1月から毎月2回宛調査を行ひ、小苗に於ては葉の下降角度及び苗幹の傾斜角度を、大苗及び天然苗に於ては枝の下降角度及び苗幹の傾斜角度を調査し、調査木の平均値により角度の増加の程度を以て雪中の變移を表示する方法を取つた。

正常苗木の葉又は枝部の苗幹となす角度を70°と見て角度の累加して行く狀態を第15表に、又變化の實狀を第11圖に示した。圃地に於ては苗木の大小に拘らず同様の経過を見るが、小苗は3月中旬に於て既に過半数は地面に接著し、3月末に至り全部地面に接著した。大苗は3月末に一部地面に接著するものもあるも、4月初に殆ど全部地面に接著する狀況を呈した。

第15表：苗木傾斜角度増加表

B：葉 S：幹 a：枝

月 日		1.7	1.25	2.15	2.26	3.15	3.27	4.5
種 別	増加量	(B) B.25°	B.10 S.25	S.15	S.40	S.10		
		(40°)	(65°)	(100°)	(115°)	(155°)	(165°)	
小 苗	(果加)	(a) a.10°	a.20 S.30	S.30	S.30	S.5	S.5	
		(65°)	(75°)	(125°)	(155°)	(185°)	(190°)	(195°)
大 苗	(果加)	(a.55) S.10	a.40 S.20	S.30	S.10	S.10	S.10	S.5
		(65°)	(125°)	(155°)	(165°)	(175°)	(185°)	(190°)
天然苗	(果加)							

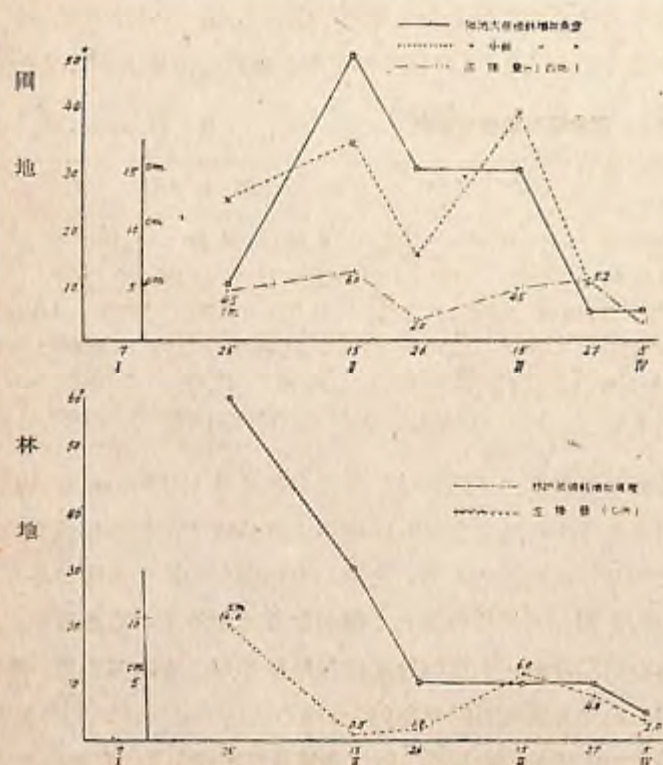
天然苗に於ては枝部の下降が特に急激であり且1月初から苗幹の極めて不規則に屈曲するものあるを見た。圃地大苗に於て苗幹の屈曲するは2月末初めて目撃せられたところで、之等の點が兩者の異なる所であり、養成苗の頑丈なるに對し天然苗の著しく纖弱なるによるものであるが、何れにしても幼苗の組織軟弱にして彈性に富むは驚くべきものがある。尙之については上川に於ても同様の結果を得た。

次に地上20cm以下の積雪の平均沈降量及び密度を第16表に示した。

第 11 圖



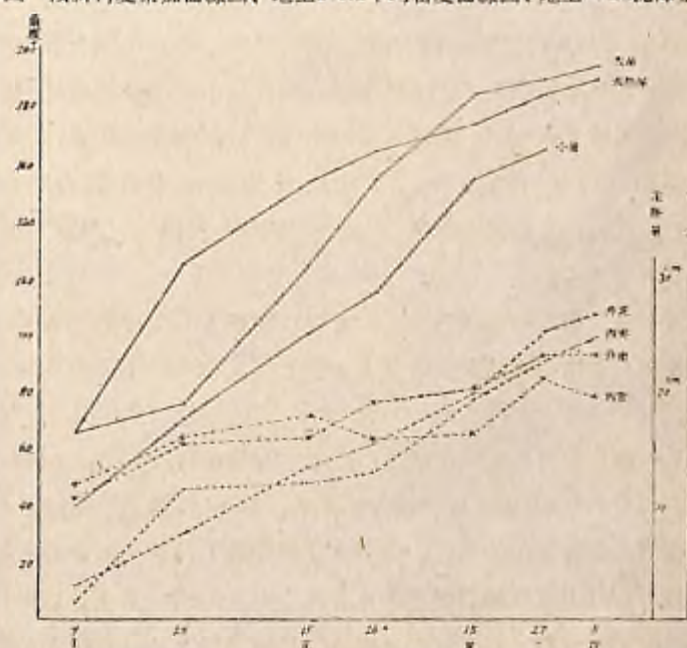
第 12 圖



調査時の沈降量と増加角度を第 12 圖に示し、又之等の累加曲線及び調査時の密度曲線を第 13 圖に示した。

苗木の雪中に於ける變化の實狀を観るに、はじめ枝葉が下降し次に幹が傾斜し始める順序となるが、枝葉の下降が或度まで進まぬ間は枝葉と幹は平衡が保たれて苗木の傾斜は起らない。枝葉が或度まで下降すると幹枝の平衡が破れて苗木が傾斜し始めることとなり、幹枝の間に密接な連絡があるので、第 12, 13 圖に於ては幹枝の増加角度を夫々累加して表示することとした。養成苗は枝葉の發達法正なるため幹の傾斜が遅れるに對し、天然苗は枝葉の發達不法正なるため幹の傾斜が早期に始ることが特徴である。

第 13 圖 傾斜角度累加曲線圖、地上 20cm 平均密度曲線圖、地上 20cm 沈降量曲線圖



第 16 表 1 月 7 日から 25 日に至る沈降量林内に於て著しく大なるは、林内は積雪 24cm (林外 50cm) なる新雪のため急激なる沈降を呈した特殊な現象の結果である。第 12 圖を見るに積雪の沈降量と苗木の變形數値とは特に初期に於て平衡的關係に在り、之を第 13 圖の累加曲線に於て對照す

るに此の關係が一層明瞭となるであらう。天然苗に於て初期に著しく角度の急増せるは前述の通りである。

第16表： 地上20cm以下平均沈降量及び密度

月 日	1.7	1.25	2.15	2.26	3.15	3.27	4.5
種 別							
林外	沈降量cm	4.5	6.0	2.0	4.5	5.2	1.5
	(累 加)	(3.0)	(7.5)	(13.5)	(15.5)	(20.0)	(25.2)
林内	沈降量	10.0	0.5	1.0	6.0	4.0	2.0
	(累 加)	(1.5)	(11.5)	(12.0)	(13.0)	(19.0)	(23.0)
林 外 密 度	0.216	0.310	0.320	0.382	0.405	0.472	0.471
林 内 密 度	0.238	0.319	0.359	0.315	0.329	0.429	0.396

次に第11圖1月25日以降の調査圖に於て點圖したるは地上部の融雪による空洞を示したものであり、此の空洞の高さは小苗及び林地に於ては不定にして測定困難であるが、圃地大苗の床面につき調査の結果、1月25日に於て空洞の高さ8cm乃至9cm、2月15日約4cm、2月26日2cm乃至3cmを示し、此の高さの減少を第16表の同期間の沈降量に對照し略首肯し得るところである。

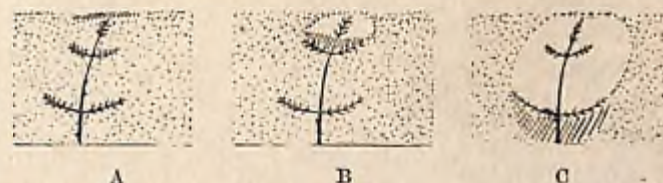
即ち積雪下層に相當の空洞を生じて直に斷層として沈降するものではなく、積雪相互の横の連結が強い全體として徐々に下降すること明らかである。

此の苗木の密生箇所における融雪による空洞現象に對して、mikroklimaの始祖として有名な Geiger 氏の報告がある。第14圖は其の原圖である。

同氏の説明の概略を記するに、圖中Aは植物最上部が透過日射のため0度以上に温められ上部雪層の融解するを示し、此の融けた水分層が夜に凍り、薄い氷皮が作られるが、此の氷皮は翌日積雪以上に良く陽光を透すため氷皮の下方が速に深く融ける様になる(B)。氷皮は植物とは接觸せず光線を良く透す様に保たれる。斯くして植物は空隙に立つ様になり長く氷盤に被はれ氷皮は徐々に蒸發し碎けて消失する(C)。此の現象を特に“Ausapern”と稱してゐる。

即ち日射の透過により植物體は0度以上に温められるため附近の雪は融けると説明してゐる。融雪期に立木の根元が環狀に融けるのも此の理に外ならない。

第14圖 Geiger氏原圖 „Ausapern”



一般に積雪は雪中の植物に對して保護作用を営んでゐると思はれる點が頗る多い。第一に外部に比し雪中は温度の變化が少く暖いことから温度變化のため植物を刺激しない。又寒風から防ぎ日射を遮る等保護作用は少くない。それゆゑに唯一の害作用として考へられるのは積雪の沈降のため枝折れ或は幹部の折損、又地面に壓せられるため葉が土まみれになる等の點が挙げられるが、とどまつに於ては既述の如く弾力が強く幹枝の折損は無く、唯葉に土粒の密著することが有害作用と思はれる。併しとどまつは之に對しては意外に強く、寧ろえぞまつに於て此の種の被害の多きを見る。今回もえぞまつの5年生苗につき時折觀察したが、大小に拘らず殆ど全部は土粒による被害を受けてゐる。中には葉の恢復が著しく遅れ又枯死するものも見受けられるところで、殊にえぞまつの播種苗に對しては床面に藁、糞、落葉等を充分厚く撒布し此の被害から免れることは絶對的に必要であると思はれる。林地に於ては落葉に接し直接地面に觸れないため此の被害は免れてゐる。

それゆゑに上記の被害さへ防止し得れば、雪は轉じて効果を齎すこととなる理である。

次に苗木の恢復の狀況を觀るに、雪に被壓せられて地面に接著しつつあつた苗木は、融雪と共に2,3日以内に殆ど原狀に立歸り、葉に附著した土粒は其の後の降雨に依つて洗ひ去られることとなるのである。



闊地雪中とどまつ5年生 4月5日



林地雪中天然苗 4月5日

V 結 言

積雪の性質は其の年度の氣象狀態により常に多少の相違特徴あること勿論であるが、林内外の比較としては1冬季間の調査を以てするも何等差支がないであらう。詳細は既に記述したが其の主要點を要言することとす。

一概に林内密度は林外より低いであらうと想像されてゐたが、必ずしも左様簡單には片附けられない。積雪の深さにもよるであらうし天候の狀態にもよることであるが、今回調査の結果は全層としては、冬季前半期には林内大で後半期に林内の方小となつた。新雪の密度は林内に於て著しく小である。

次に積雪の沈降及び表層密度と氣象要素の關係につき調査の結果は、林内外ともこれぞといふ顯著な關係因子は見當らないが、氣溫と多少の關係を認めることが出来る。嘗て新潟縣で調査の結果も同様の結論に達してゐる。但し月別に平均を取つて見ると林内外とも氣溫、日射と著しく平衡的關係を示すが、之は氣象要素の直接の影響の結果とは斷言出来ない。

密度の垂直分布に於ては林内は林外に比し各層の密度の差が大きい。特に融雪期には林内に於て上部が氷結したため特殊な分布狀態を呈した。

一冬季を通じてとどまつ林内の林外に對する積雪深の比は77%を示し、積雪の樹冠保留率は24%を示した。

積雪の沈降は林内は林外に比し小さい。

雪中に於けるととどまつ幼苗の形態の推移は積雪の沈降密度の増加に伴ひ林内外とも略同一の過程を見るが、林地苗は極めて不規則に屈曲し慘狀を呈してゐる。併し落葉層の存するため葉部に土粒の被害を見ること無く且彈力強い折損等も殆ど見當らず、雪害と言ふべきものは認められない。然るに林外に於ては土粒による葉部の被害が多く、殊にえぞまつに於ては大苗と雖も被害に程度の差はあるが殆ど全部に及ぶ狀態であり、集約的事業の實行を期するに於ては播種床のみならず床替苗に對しても切藁、粗藁、落葉等を厚く撒布し被害を軽減するを要することと言ふ迄もない。人工的に積雪の沈降を防ぐが如きは必ずしも不可能には非ざるも、相當の經費を要することであり且完全なる手段は困難で、賢明なる策とは考へられない。積雪は雪中の幼苗に對して保護作用が極めて大なるを以て、上記の防除法さへ充分に講ずるに於ては積雪は寧ろ益作用のみとなるであらう。

Literatur :

1. 森林調査所特別報告 第9號
2. 森林治水試驗彙報 第8, 18號
3. 氣象集誌 I. 2卷
4. 北海道氣象月報 476號
5. 北海道森林氣象略報 昭和5~13年
6. 東京物理學校雜誌 1940. 第7號
7. 田口龍雄. 雪
8. Bühler, Waldbau I Baud.
9. Engler, Untersuchungen über den Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer.
10. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 1936. 2.
11. 積雪地方農村經濟調査所 資料第72號
12. 日本林學會講演集 昭和13年度 P.1251

昭和十六年十月二十五日印刷

昭和十六年十月三十日發行

北海道林業試驗場

(北海道・江別町野幌)

札幌市北三條西一丁目八番地

印刷人 三 田 徳 太 郎

札幌市北三條西一丁目八番地

印刷所 三 田 印 刷 所

電話八三二・四二三〇番