

帝室林野局

北海道林業試驗場要錄

第四號

昭和十五年五月

融雪期に於ける積雪密度に就て



帝室林野局北海道林業試驗場

(北海道・札幌)



融雪期に於ける積雪の密度に就て

帝室林野局北海道林業試験場 柳澤聰雄

1 はしがき

積雪期間の長い北海道に於ては、必然的にあらゆる方面に雪の影響を考慮しなければならない。特に我々は、森林の保護者となると同時に一面恐るべき破壊者ともなる積雪の諸性質を、科學的に闡明して雪害を未然に防止すると共に、更にこの天恵を積極的に利用する事を常に念頭に置くべきである。

その雪の利用の一つとして原田技師の提案にて、昨年四月林木種子の雪中貯藏を實行した際、是れに關聯して積雪の密度其の他二、三の點に付き調査を行つたので、その結果を取纏め此の小文を綴つた。

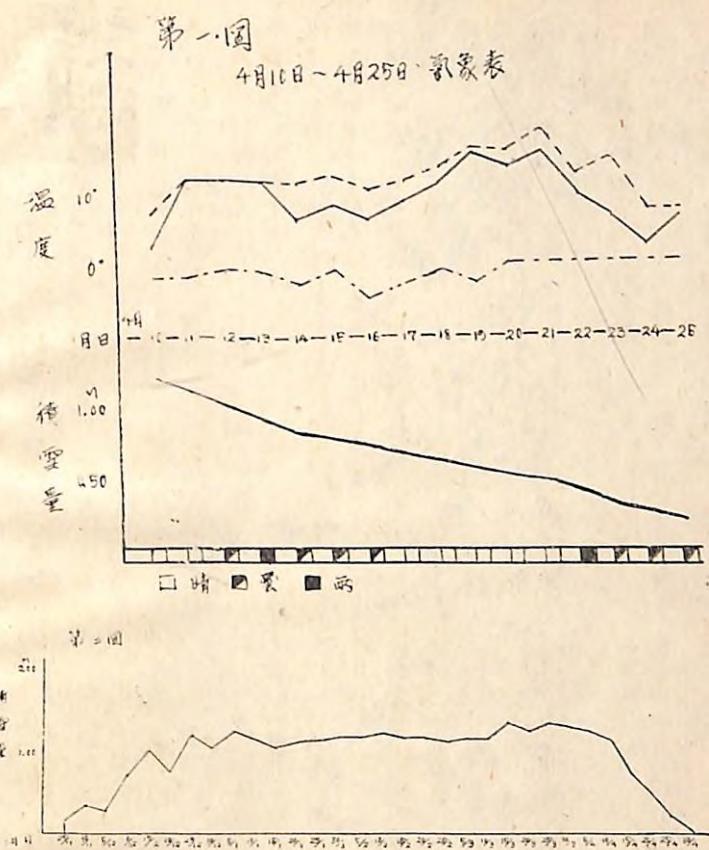
本文に於ては、積雪期（積雪初日より消雪日迄の間）を便宜分ちて、臥雪期と融雪期に區別し、臥雪期とは積雪初日より融雪期に入る前日迄の間とし融雪期は、其の後消雪日迄の間とした。

尙本稿に對しては始終原田長の御教導を賜り又調査に當つては定山溪出張所の方々並に場員丸山光矣氏の御補助を賜はつた事が頗る多く、記して厚く御禮申述べる次第である。

2 調査地の地況並に氣象状況

調査ヶ處は札幌支局定山溪出張所部内、定山溪事業區に亘る班の夕日山登山口附近で、民地と隣接せる防火線及びそれに續く潤葉樹々林内で行つた。其の地點の海拔高は三三〇米である。調査月日は昭和十四年四月一三日——二四日に亘り、種子雪中貯藏中に行つた。其の當時の氣象状況並に該冬季間の降雪量及び氣温を、定山溪出張所の觀測結果に依り表示すると、第一圖第二圖及第一表の如くで有る。昭和一三——一四午冬期間は降雪量並に降雪頻度半年に比し頗る多く、爲に附近御料林の運材

事業には多大の支障を來した程であつた。



第一表

自昭和13年11月 至同14年4月 月平均氣象表					
	氣 溫	最高氣溫	最低氣溫	地 溫	備 考
11	2.8°	5.7°	-0.2°	0.6°	初雪日 10月17日
12	-4.5°	-1.8°	-9.4°	-2.1°	
1	-6.6°	-4.7°	-12.1°	-3.6°	
2	-5.7°	-4.1°	-6.7°	-3.7°	
3	-0.4°	1.8°	-8.9°	-3.4°	終雪日 3月31日
4	6.8°	9.5°	-2.5°	-0.7°	

3 調査方法
密度は土壤採集用深さ五粍、容量一〇〇ccの鋼鐵製圓筒を用ひ、各層の自然状態の雪を取り之を〇・一瓦感度の天秤にて秤量し密度を算出した。又硬度は普通直徑二〇粍重さ六〇〇瓦の圓錐を雪面上一〇粍の高さに懸垂し、これを落下せしめ積雪面に生ずる穴の直徑にて測量を行ふ様であるが、今回は木製徑七粍、重量八二・一瓦の球形のものを高さ一米のヶ處より垂直に落下せしめ、積雪面に生ずる穴の直徑を硬度とした。

4 既往に於ける各地の積雪密度の調査結果

積雪密度に付いては古くから數多の調査研究があるが、これは雪の結晶並に其の結合度、融解程度に依り著しく異なる爲、積雪が水を以て飽和されて居らぬ臥雪期と融雪期に區別して考へるを便とする。今降雪時期により考察すれば、初雪の頃は一般に積雪量少く、且つ新雪多きため平均密度は冬季中の最少であるが、處によりては氣温未だ嚴寒期に比し低下せず、融雪の降ること多き爲一月頃に比し却つて密度の大なることがある。この初冬の積雪平均密度の變化の一例を擧げると、大森宗祐氏の勝山森林測候所附近に於て、昭和八年及九年に測定した結果は次の如くである。

月	日	平均密度 cm ³ /g	積雪量 mm
12	17-21	0.137	21.6
	22-26	0.172	187.0
1	27-31	0.320	215.6
	1-5	0.251	259.4
	6-10	0.267	321.3
	11-15	0.270	371.9

次に積雪各層の密度の變化は一般に臥雪期に於ては、積雪の表層より深部に至るに従ひ漸次増大する。この一二、三の例を舉れば次の如くである。

深さ cm	5	15	25	35	45	55	65
密度 gr/cm^3	0.188	0.236	0.250	0.290	0.346	0.349	0.349

一、高信保氏大正二年一月於札幌

深さ cm	0—10	10—20	20—30	30—40	40—50
密度 gr/cm^3	0.178	0.245	0.285	0.333	0.369

一、北田道男氏昭年一〇年一月新雪洞爺湖南岸

深さ cm	0—5.0	5.5—10.0	12.0—16.5	18.9—25.7
密度 gr/cm^3	0.044	0.069	0.143	0.204

以上の三例は何れも臥雪期の初期の測定であつて、積雪の深さを増すに伴ひ密度も増大するが、其の後雪表面の露出時間即ち次回降雪までの期間の長短及その期間中に於ける気温の高低、降雨の有無に依り積雪表層部の雪質の変化を生ずる場合には其の後に積雪する部分とに雪質相異點を生じ、積雪断面に於て、氷層又はザラメ雪層の挟まつて居るのを視る事が出来る。この場合の實例を示せば、佐木義夫氏の昭和四年一月、新庄附近に於て調査した結果は、

積雪層の高さ	185	180	170	160	150	140	135	120	100	80	60	40	20
密度 gr/cm^3	0.142	0.162	0.207	0.246	0.291	0.330	0.356	0.323	0.356	0.352	0.375	0.382	0.388

左表の如く一三八—一一〇Cmの間密度の不連續關係がある。

又黒澤滋氏、昭和六年三月、野幌による調査に依れば

深さ cm	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115
密度 gr/cm^3	0.1155	0.2070	0.2553	0.3033	0.3368	0.3094	0.3748	0.3883	0.3836	0.3393	0.3300	0.3791

四五—五五種間に雪質相異限界がある。

即ち臥雪期の末期或は融雪期初期に入れば、強き日射又は降雨に依り一度融解し始めた表層の雪が、再び凍結した上に其の後の積雪を視る事が有つて、此等の雪の経過し來つた経歷により雪の状態を異にして、上下に於ける密度の分布も單一で無くなる。この深さによる密度の變化を圖示すれば多く鋸歯状になり雪質を異にする各種の層を視る事が出来る。例へば佐木義夫氏、昭和四年三月、大曲營林署七五三掛苗圃の測定結果は次の如くである。

積雪層の高さ	90	80	70	60	50	40	30	20	10
密度 gr/cm^3	0.426	0.485	0.472	0.537	0.498	0.537	0.556	0.505	0.576

融雪期の中頃に至れば臥雪期と大いに異り、密度は數倍になると共に各層の雪の経歷に依り密度配布状態も、上層に大にして下層これに次ぎ中層少しことあり、又反対に中層に密度最大なる時があつて各地に於ける測定結果も區々で有るが、一般的に言へば降雨又は強き日射の影響を蒙り、全層に涉りザラメ雪化して各層の密度は均一となる傾向がある。又平均密度は融雪中期に最大にして、末期に於て却つて僅かに減少を來すことがある。この融雪最盛期頃の各層密度の例を擧ぐれば次の如くである。十日町大正一二年四月一六日、小林誠吾氏調査結果

深さ cm	0—10	10—20	20—30	30—40	40—50
密度 gr/cm^3	0.472	0.534	0.575	0.532	0.578

又臺灣、高山地帶の融雪期の積雪密度を調査せられた田中薰氏に依れば次表の如くである。

アスマコソキヤマツ 9,200m 昭和11年 4月 8日午前 9時50分 気温17°C

表面の雪 1m 中の雪	雪温 0° -0.5°	密度 0.59 0.49
タクシャクソ山頂 3,500m	同日午後 2時	気温 12°C
表面の雪 1m 中の雪	0° -0.5°	0.62 0.49

臺灣高山地帯に於ては春季、雪表面より急速に融解し初める爲に深層は表層部より却つて密度小となつて居る。以上の如く積雪の密度は、臥雪期から融雪期への遷移と共に次第に変化して、その間氣温の高低が密度に最大の影響を及ぼすものである。

5 林内外に於ける比較

林内外に於ける積雪量並に密度を比較する爲に、防火線（巾一八米）の略中央のヶ處と之に隣接せるヤチダモ、シナ、イタヤ等闊葉樹壯齡林内二ヶ處に於て調査した。その結果を示せば第一表の如くである。

第一表

a 林 内 昭和14年 4月13日 午後 1—2時 気温25°C 午前中ヨリ降雨中									
深さ cm	0—5	20—25	40—45	60—65	80—85	100—105	120—125	140—145	160—165
積雪量	1.77m								

b 林 外 和和14年 4月13日 午後 2—3時 気温3°C 降雨中									
深さ cm	0—5	20—25	40—45	60—65	80—85	100—105	120—125	140—145	160—165
密度 gr/cm^3	0.443	0.277	0.343	0.397	0.418	0.477	0.458	0.497	0.507
積雪量									

積雪量は從來の調査に依ると、林内の積雪は樹冠の爲に常に林外より小であつて、其の降り初めは林外には可成り積雪するが、林内は樹冠に載雪するのみで尙積雪が見ないことがある。融雪期に入りては林外の融雪急なる爲林内積雪の深さは、却つて林内を超ゆる場合がある。この關係は上木の針葉樹で有るか闊葉樹で有るか、又土地の向きによりても異なる。尙川田正夫、高橋喜平兩氏が川尻營林署附近で、林内外の積雪量を調査せられた結果を見ても、落葉樹、闊葉樹林に於ては裸地に比して特に顯著なる差異がないが、一般に積雪量稍小であると述べられ、本調査の場合も上木は落葉樹、闊葉樹なる爲積雪量は殆んど四二九に比し、楓幼齡林は〇、三九三であつて林木の密なる程密度小なる傾向があるが、その差僅に一〇%であると述べられて居る。之れは林内の氣温及日射量等は林外に比して、孰れも較差小にして雪質の影響を及ぼす事小なる爲と考へられる。林内に於ては降雨の影響を受けざる深さ二〇種以下、林外に於ては四〇種以下は深さを増すと共に密度も増大するが、何れ

も地上五〇粩附近に密度小なるか處がある。今林内の積雪面より一〇粩以下の密度と深さの關係式を最小二乗法で求むれば、

$$f = 0.310 + 0.0016Z$$

林外 一日未満 3月 12時 温度

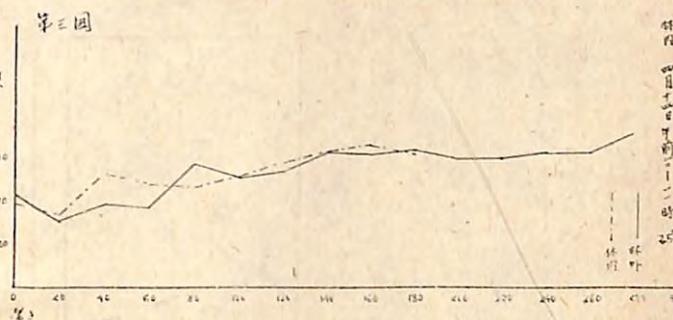
林内 一日未満 3月 12時 温度

となる。fは密度、Zは深さである。

$$t = 0.1616 + 0.0033Z$$

即ち降雪初期に於ては比較的公式化が容易であるが、融雪期に入りては雪質を異なる種々なる雪層を含むと共に、調査ヶ處によりて密度が甚しく異なる爲に公式化することは危険である。

次に傾斜面に於ける林内外の積雪密度を比較する爲、潤葉樹林内北面傾斜二〇度の地と防火線内北西面傾斜二〇度の地に於て測定した結果を示せば次圖の如くである。



6 南北兩傾斜面に於ける比較

南北兩斜面の氣象因子に多大な差異を生ずる事は、特に太陽の高度低き高緯度地方に顯著で有り、當然冬季間の積雪量並雪質に相異を生ずる事は、平田徳太郎氏の長野縣木祖森林測候所附近に調査せられた南北兩斜面の積雪の比較により、積雪日數、最深積雪、積算雪深共に北面は南面よりも何れも多又は大であると結論せられた事に依

つても明瞭である。南北兩斜面に於ける融解状態や雪質の相違は融雪期に近い森林踏査の際に常に氣付く點である。それ故この關係を西流の小澤をはさんで南北兩斜面に於て積雪密度及び硬度を測定した。兩傾斜面共澤より一〇米程登つた處で同様に傾斜二〇度である。上木はイタヤ、シナ、ミヅナラ、シウリ等の潤葉樹である。その結果を圖示すれば第四圖の如くである。

積雪量に就ては南面は一・三八米、北面は一・九五米で〇・五七米の差がある。即ち南面の消雪の速やかな事を示すものである。

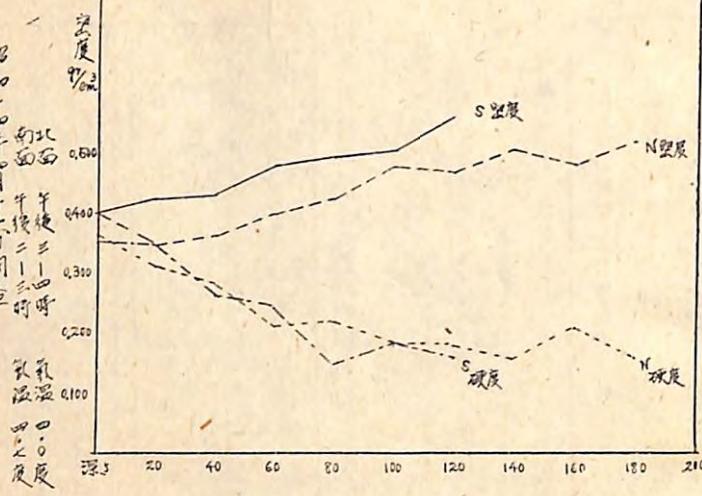
又各層の密度は南面に於ては北面に比し甚しく大である。硬度は積雪の密度と密接な關係があり、一般に密度を増すと共に硬度も増すのであるが、融雪期には密度を増すにつれ硬度が却つて減する事がある。これは今回の調査に於ても南北共表層は水を含む事多く密度が大であるのに却つて硬度を減じて居る。深さ二〇粩以下は大體密度を増すにつれ硬度を増す。

次に密度測定時の兩傾斜の地表下五粩の溫度を測定すれば、南面は（+）一・五〇°Cなるに反し、北面は（+）〇・七五°Cにして南面が少しひょうである。

溪畔平坦部内の僅かな凹凸によりて生ずる微地形的變化が積雪密度並に積雪量に及ぼす影響に付き、調査した結果は第三表の如くである。

この凸地と凹地の高低差は大略二〇粩内外で距離四米を距つて居つた。

第四圖



7 溪畔平坦部内の小起伏地に於ける比較

溪畔平坦地内の僅かな凹凸によりて生ずる微地形的變化が積雪密度並

第三表

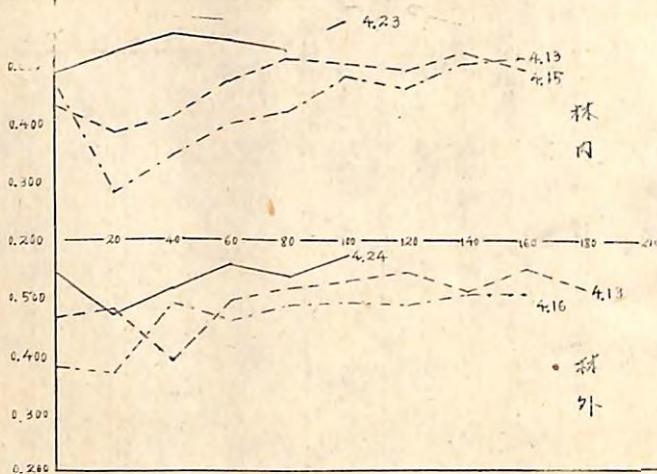
a 窪地中央部 昭和14年 4月14日 午前11—12時 気温+20°C 積雪量 1.97m

深さ cm	0—5	20—25	40—45	60—65	80—85	100—105	120—125
密度 $\frac{gr}{cm^3}$	0.438	0.298	0.399	0.454	0.425	0.474	0.724

b 平坦部内凸起伏部 昭和14年 4月15日 午後4—5時 気温0°C 積雪量 1.70m

地面より高さ	0—10	10—20	20—30
窪地の中心	0.50	0.46	0.37
平地	0.42	0.46	0.42

窪地中央部は雪汁流下の通路に當り、融雪期には常に多量の雪汁が通過又は停滞するため、雪汁による積雪底部よりの融解速やかにして凹部にかけはらず積雪量非常に少く、此際との間に大きな空隙を有し、午後雪汁多き時はそれが積雪底部を洗ふ爲に、底部は水をもつて全く飽和せられて居る。それ故に非常に密度大にして○・七二四で今回調査せる内最大であった。凸部は之に反し雪汁停滞することなく、従つて積雪底部と地面との間は空隙を殆んど有せず、密度も地上二〇糰のケ處に比し却つて減少を示して居る。勝谷稔氏が鳥取縣智頭地方にて測定せられた結果も、窪地を爲し水掛け悪き處には地面に近い程密度を増すと結論せられ、次の測定値を掲げられた。



即ち地上僅かの凸凹が消雪状況に種々影響を及ぼす爲、融雪期の苗の上床と平床、或は排水溝の有無等によつて、その雪汁が苗木に及ぼす影響に大差を生じ、各種生理的又は病理的障害を惹起する事が有る故、特に融雪期に於ける特殊の環境に付き一段と考慮を拂ふ必要がある。

8 同一ヶ處の融雪期に於ける密度の變化

林内外の積雪密度比較ヶ處に於て、其の後の密度の變化を測定し、その結果を圖示すれば第五圖の如くである。

林内外共最初測定した四月一三日より一〇日後に於て、各層共密度を増加し、特に林内に於てはその變化甚しく、その内雪表面より深さ二〇—六〇糰の間に於て急激なる密度の變化が有る。林外裸地に於ては林内に比し急激な密度の變化が無く、四月一三日測定せるものより一六日測定のもの却つて平均密度の減少を見たが、勿論測定ヶ處の僅少な差異に就ても考慮しなければならない。積雪量の減少は勿論林外に於て甚しく、一〇日間に林内に於ては六〇糰に對し、林外に於ては七三糰の消雪量を見た。

福井縣勝山森林測候所にて、昭和九年融雪期に於て大森宗祐氏の測定せられた結果に依れば、融雪期の初期には次第に密度増加して、融雪期中頃の四月初旬に最大密度○・五〇九に達し、融雪末期には僅少の減少を示すと言はれてゐる。

積雪上層部は太陽直射並風の影響等により、融解或は凍結を繰返し、密度も之に従ひ日々變化を見るのである。防火線内に於て午前八時と午後二時との密度を調査した結果を示すと第四表の如くである。

第四表

深さ cm	午前8時	午後2時	午前11時
0—5	0.379	0.444	0.424
20—25	0.370	0.444	
40—45	0.485	0.433	
60—65	0.458	0.431	
気温	+3.0°e	+5.5°e	4月16日調査

表層二〇cm以上の氣温の上昇と共に密度も増加するが、午後二時の深さ四〇cm以下に於ては、午前八時測定に比し反つて減少を來して居る。

智頭森林測候所に於て大正一四年二月下旬に於て、勝谷稔氏が毎四時間毎に測定せられた結果に依ると、各層何れも午後二時及び午後六時に密度大となり午前二時及午後六時に小となるが如き變化を繰返すと述べられ、融雪期に於ても雪表温度が最低氣温〇°に低下する時には同様の變化を繰返すものと見られるが、融雪末期に於ては多くは最低氣温〇°以下に下らないため、その密度の變化も殆んど無いやうに思はれる。

又融雪期の積雪表面には煤煙其の他により、局部的に微小なる凸凹が生ずること多く、これ等による密度の變化を調査せるに次の如く五種間隔に五ヶ處測定した結果は次の如くで有つて、最大と最小の密度の差は〇・〇一六であつた。

第五表

深さ 0—5cm	4月16日午前11時調査				
	一回	二回	三回	四回	五回
	0.420	0.429	0.413	0.419	0.421

10 踏み付けたヶ處の度密と其の變化

踏み付けたヶ處の密度はその硬度と共に、冬季の運材道の道付け又はその手入れ等に必要であると共に、雪貯藏の際にその消雪量に影響を及ぼす事大で、應用上必要なる事である。

今種子雪中貯藏ヶ處に於て、人夫で雪の踏み込みを行つた際に、調査した結果を示すと次の如くである。

第六表

a	踏み込み前の積雪平均密度	0.424	4月13日	午後2—3時	氣温+2.5°e
b	踏み込み直後	0.574	4月14日	" 3時	" +2.0°e踏み後の
c	踏み込み後 16時間	0.593	4月15日	午前 7時	" +1.0°e最低氣温-1.0°e
d	" 42時間	0.591	4月16日	9時	" +3.0°e
e	" 10日	0.651	4月24日	" 6時	" +2.0°e 各ヶ處共
f	踏み込み附近の普通積雪面	0.539	4月24日	" 6時	" " 每回表層にて
g	同附近にして同日測定前數回 バチの通りたるヶ處	0.579	4月24日	" 6時	" " 調査す

以上の如く一度踏み固めたヶ處は附近積雪密度に比し〇・一五〇増大する。又一日後に於ても同様〇・一一一〇密度の相異を來して居る。次に數回木材を試みたるバチ(人力で運搬)の通りたる跡の密度を測定すると普通積雪面に比し、〇・〇四〇密度大なるのみにして、融雪期に於ては密度に大なる變化をあたへない。又石尾和作氏が天鹽演習林ケナシボロにて櫛巾及櫛跡の雪の密度を二月及三月に測定した結果に依れば次の如くであつて、その密度は略同様で有るが、硬度は融雪期と非常に異つて居るものと思はれる。

櫛巾	櫛路	附近積雪平均密度
2月11—13日	0.50	0.52
3月18—19日	0.47	0.51

11 融雪期に於ける雪温

積雪が水を以て飽和されて居らぬ時は積雪の温度は、積雪表面から五〇種内外までは氣温の影響に依つて毎日大體規則正しい變化をするが、融雪期に入り積雪が水を以て飽和され居る時は、積雪内の温度は観測時間に關係なく殆んど一定である。佐木義夫氏が昭和四年三月下旬に七五三掛苗圃にて測定せられた雪温も、毎時各層共 (+) ○・一度の恒温であつた。今回林内外の積雪断面に棒状密暖計を入れ測つた結果も、殆んど○・○°で一定して居つた。その關係を示せば第七表の通である。

第七表

林 内	昭和14年 4月15日 午後 4時	氣温0.0°C			
深 底	0	20	40	60	80
溫 底	0°	0°	0°	0°	-0.2°
林 外	昭和14年 4月16日 午前 9時	氣温 3°C			
深 底	0	20	40	60	80
溫 底	0°	0°	-0.5°	0°	0°

5cm下地温 +0.7°C
5cm下地温 +0.7°C

即ち、融雪期に於ては、極上層は氣温の變化に伴ひ○°以下に降下することあり、又反対に太陽の直射に依り○度以上に昇る事があるが、積雪中は○度内外の場合が多い。

12 むすび

本調査は前述せる通り、種子雪中貯藏實行の傍ら参考として行つたため、種々不満な點多く後日機會を待つて、再調査を致したいと考へてゐる。特に半歳を雪と接して暮す北海道として造林上に於ても、利用上に於ても、積雪の科學的調査を必要とする點が非常に多くその忘れられた積雪期の環境を、来る冬毎に一問一問解決致したいと所思ふ。

参考文献

1 勝谷 稔 雪質と雪害、第三回雪害に關する打合會復命書、昭13

- 2 佐木義夫 雪 秋田營林局報 昭6
- 3 黒澤 濬 積雪密度に就て 北海道森林氣象略報 昭5
- 4 黒澤 濬 北海道西半部に於ける積雪密度に就て 北海道森林氣象略報 昭7
- 5 高信 保 積雪の溫度及密度の觀測 北海道氣象月報 大正11
- 6 北田道男 積雪に關する調査報告 第一報 北海道氣象月報 昭9 2月號
- 7 國井幸次 函館に於ける雪及積雪の密度に就て 北海道氣象月報 昭9 十月號
- 8 勝谷 稔 鳥取縣智頭地方の雪に就て 森林治水氣象報 7號 大正11
- 9 大森宗祐 自昭和8年至同9年冬季の大雪並雪に關する二、三の調査報告 昭10
- 10 大森宗祐 積雪の密度 森林治水氣象報 8號 大正15
- 11 小林誠吾 鹽浦忠義 十日町に於ける積雪密度 森林治水氣象報 3號 大正13
- 12 田中 薫 臺灣の山と審人 昭11
- 13 川田正夫 高橋喜平 林相と雪質に及ぼす影響に就て 昭13 日本林學會大會講演集
- 14 石尾和作 雪の科學的研究と其の應用(1) 及(11) 御料林 134 135號