

資 料

満洲に於ける積雪と其の豫防法

鐵道總局調査局 佐野港造

言 緒

本原稿はソ聯の文献を翻譯せし満鐵調査部の資料に基きて調査せしものにして参考書は次の如し、

満鐵調査部編	満洲の氣候
同	満洲の積雪
北滿交通調査資料	氣候と道路
同	凍土層條件に於ける 鐵道建設

1. 滿洲に於ける積雪

満洲に於ては一般に積雪が少いと云はれてゐるが實際に第1表の如く満洲に於ける積雪の量は内地と比較にならぬ程少い、此の原因は冬期の西比利亞大

陸には所謂西比利亞大逆旋風と稱する天氣活動の最も強力な中心があつてその影響に依りて満洲の冬は同緯度に於ける世界の何處にも見ない程度天候が快晴で寒さが厳しいのである。冬には旋風は比較的稀に北滿に到來するが若し到來したとしても既に廣闊な大陸の地域を長い間通過する爲めにこれ等の旋風が雪の形で齎す降水量は甚だ少く從つて満洲に於ける積雪は深くないのである、然しながら北滿に於ては兎に角、降雪は毎年認められてゐる。

第1表は満洲に於ける冬期中の積雪日數及び積雪の平均深さを東支鐵道時代の測候所の資料にて纏めたものである。

第1表 冬期中の積雪日數及び積雪の平均深さ(厘)

驛名	積雪日數					積雪の深さ(厘)				
	多年の平均	量大	積雪最大日數の年度	最 小	積雪最小日數の年度	多年の平均	最 大	積雪最大日數の年度	最 小	積雪最小日數の年度
滿洲里	144	177	1926/27	76	1918/19	5	9	1925/26	1	1924/25
海拉爾	146	182	1923/24	116	1913/14	10	17	1920/21	5	1916/17
渡河	155	176	1914/15	127	1922/23	12	18	1920/21	6	1911/12
博克圖	154	184	1923/24	109	1918/19	4	10	1920/21	2	1926/27
札蘭屯	95	156	1921/22	36	1909/10	5	22	1914/15	1	1909/10
齊哈爾	97	158	1914/15	22	1913/14	4	9	1914/15	1	1923/29
安達	80	157	1914/15	4	1920/21	5	14	1930/31	1	1920/21
哈爾濱	120	159	1914/15	60	1908/09	8	20	1930/31	1	1918/19
密門	84	155	1914/15	19	1920/21	6	14	1930/31	1	1929/30
一面坡	139	167	1914/15	100	1913/14	17	35	1914/15	5	1931/32
牡丹江	123	168	1914/15	48	1918/19	9	22	1917/18	1	1922/23
大平嶺	150	181	1914/14	96	1918/19	13	25	1909/10	2	1918/19

2. 初雪及び晩雪

北滿は第2表の如く低緯度に拘らず既に9月上旬に屢々箇々の雪片が飛散し始める而して晩雪は5月上旬まである。

第2表に依ると平均に於てさへ大興安嶺の東西の高地及び山地前に於ける秋の初雪は9月26日、後興安西部に於ては10月1日で東支鐵道のその他の地點に於ける初雪は平均10月10日乃至29日の間である。

此の平均時日に依れば初雪がその地點の高度に關聯するのは明らかで土地が海面より高ければ高い程平均して早く初雪が觀測される。

爲に痕跡を止めなかつた。

一般に9月の初雪は雨と共に個々の雪片として最も屢々降りまたは融けた地面に降つて積雪を内地同様に残さないがこれに反して春の晩雪は車馬の通行が不可能になる程頗る猛烈な降雪として往々觀測される。

3. 積 雪 の 期 間

北滿に於ける降雪は屢々9月に觀測されるとは云へこの月に一面の積雪を形成するのは左程頻繁でなく且つ總ての觀測所に於て見受けられるのではない東支鐵道測候所の開設以來9月の積雪で左の諸驛に

第2表 初雪及び春の晩雪降下時

		滿洲里	海拉爾	免渡河	博克圖	札蘭屯	哈齊爾々	安達	哈爾濱	審門	一面坡	牡丹江	太平嶺	延吉	三姓
秋 の 初 雪	最も早い初雪	10 IX	13 IX	9 IX	10 IX	16 IX	3 IX	8 X	26 IX	27 IX	24 IX	5 IX	14 IX	17 X	8 X
	年	1917	1913	1918	1915 1718	1916	1920	1923	1916	1922	1923	1912	1912	1919 1926	1928
	最も遅い初雪	24 XI	11 XI	12 X	18 X	29 X	10 XII	25 XII	13 XII	6 X	28 X	15 XI	28 X	7 XI	3 XI
	年	1919	1910	1919	1919	1918	1913	1916	1908 1925	1929	1917	1929	1217	1916	1920
春 の 晩 雪	平 均	5 X	2 X	26 IX	26 IX	15 X	19 X	26 X	20 X	21 X	17 X	22 X	10 X	29 X	20 X
	最も早い晩雪	29 II	10 IV	19 IV	30 III	11 III	10 II	22 II	12 III	12 III	29 II	29 III	30 III	25 III	30 III
	年	1920	1913	1926	1914	1914	1914	1918	1927	1927	1901 1925	1925	1925	1918 1926	1925
	最も遅い晩雪	26 V	4 VI	27 V	29 V	22 V	12 V	23 V	16 V	16 V	16 V	15 V	22 V	16 V	16 V
	年	1912	1919	1923	1915	1917	1918	1914	1928	1928	1923	1928	1930	1928	1928
	平 均	19 VI	7 V	11 V	6 V	21 IV	13 IV	12 IV	18 IV	16 IV	19 IV	22 IV	4 V	15 V	21 IV

春の最終の降雪は即ち晩雪は大部分の地點に於ては4月中旬で海拉爾、免渡河、博克圖及び太平嶺に於てのみ平均5月上旬になつてゐる、最も遅い降雪は海拉爾に於て觀測され1919年6月4日になほ降雪を見たが雨を伴ひ氣温も零下六度以下に下らない

は觀測されてゐる。

滿洲里驛 1908年9月20日 1 條

1909年9月29.30日 2 條—1 條

海拉爾驛 1912年9月14日 6 條

1916年9月27日 2 條

免渡河驛 1909年9月30日 2纏

1912年9月14, 17日 9纏—0纏

博克圖驛 1916年9月27日 2纏

1928年9月24, 26日 11纏—3纏

興安嶺以東に於ける九月の積雪は僅かに竪門にのみ觀測され此處では1922年9月28日に深さ六纏の降雪があつた。

10月には北滿全域を通じて積雪を形成するがその積雪日數は次の表の如く未だ多くなく且つ一面の積雪は同表(ロ)欄に明らかな如く毎年10月には見受けられるとは限らぬ、たとへば齊々哈爾に於ては一時的でも10月に積雪を形成する蓋然性は漸く39%で博

克圖に於ては既に88%に達する。

11月には積雪日數は増加し各個の地區に於ては竪門の10日より免渡河の25日までを變動する、從つて北滿の條件に於ては既に11月は殆んど到る處に於て春まで消えない積雪が屢々形成されると認めねばならぬ。11月にはたとへ1日たりとも積雪を見る蓋然性は殆んど到る處100%である。

5月には積雪は平均約2日唯だ散在的に現はれ、安達及び竪門の如き諸驛に於ては5月の積雪は未だ一回も觀測されてゐない、注意すべき事は博克圖、免渡河の如き興安嶺に於ては5月に積雪の形成する蓋然性が尙43%—56%に達する事である。

第3表 積雪平均日數(イ)總年數に對する積雪年數%(ロ)

	十 月	十一 月	十二 月	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月
	(イ)	(ロ)	(イ)	(ロ)	(イ)	(ロ)	(イ)	(ロ)
滿洲里	4.6	6.7	19.8	91	23.4	100	30.1	100
海拉爾	4.6	8.8	22.1	96	29.3	100	31.0	100
免渡河	4.5	8.6	25.0	100	31.0	100	31.0	100
博克圖	7.1	8.8	24.4	100	29.0	100	31.0	100
札蘭屯	2.8	6.2	16.5	95	21.6	100	25.0	100
齊々哈爾	3.2	3.9	15.0	96	23.6	100	26.9	97
安達	3.6	2.9	13.2	100	20.1	88	26.2	82
哈爾濱	3.1	6.2	17.0	100	27.3	100	29.5	100
竪門	3.2	6.5	10.3	89	17.3	100	24.0	100
一面坡	3.2	7.9	20.3	100	30.6	100	31.0	100
牡丹江	3.2	6.2	17.3	100	28.2	100	30.5	100
大平嶺	4.3	7.9	20.7	100	29.3	100	31.0	100

註 誤解を避ける爲に、次の點を説明する必要があると思ふ。本表のイ欄に掲げた積雪平均日數は、觀測總年數でなく、當月中1日でも積雪のあつた年數を以つて、積雪のあつた總日數を除する方法によつて算出された。たとへば免渡河に於ては、積雪を觀測した21年のうち、5月に1日乃至2日の積雪があつた年は9回、5月の積雪總日數は13日で、これを21年の全期でなく、唯だ九年を以つて除し、またこれはロ欄に觀測總年數に對する%を以つて示してゐる。次に本表に於て一冬期間の降雪總日—欄の積雪平均日數と僅かに相異する日數が得られる。第一表に採用した積雪平均日數の算出方法は、冬月殊に春と秋の各月に關しては比較的に正確である。なぜなればこれを觀測總年數を以つて除せば、實狀と相隔する統計的假定となるであらう。

4. 積雪の豫防法

満洲に於ける積雪は前述の如く日本内地の積雪（第4表参照）に比して比較的僅少であるがやはり路面交通に支障を生ずる事がある。

その原因は吹雪による吹溜りで積雪の量は少く共それが風のために一箇處に吹溜りとなりて支障を來すのである。

即ち吹溜りは多く風が道路に直角に吹く時に道路の切取個所、若くは積雪のため道路の兩側が路面上より高くなつた場所に生ずるのである。

吹雪に依つて生ずる吹溜りは雪層の浅いものでも非常に固く又普通の積雪に比べて遙かに重いものである。之れが爲めに運行車は僅かの吹溜りのために

2. 切取断面の擴大**3. 防 雪 棚**

A. 無隙型防雪棚

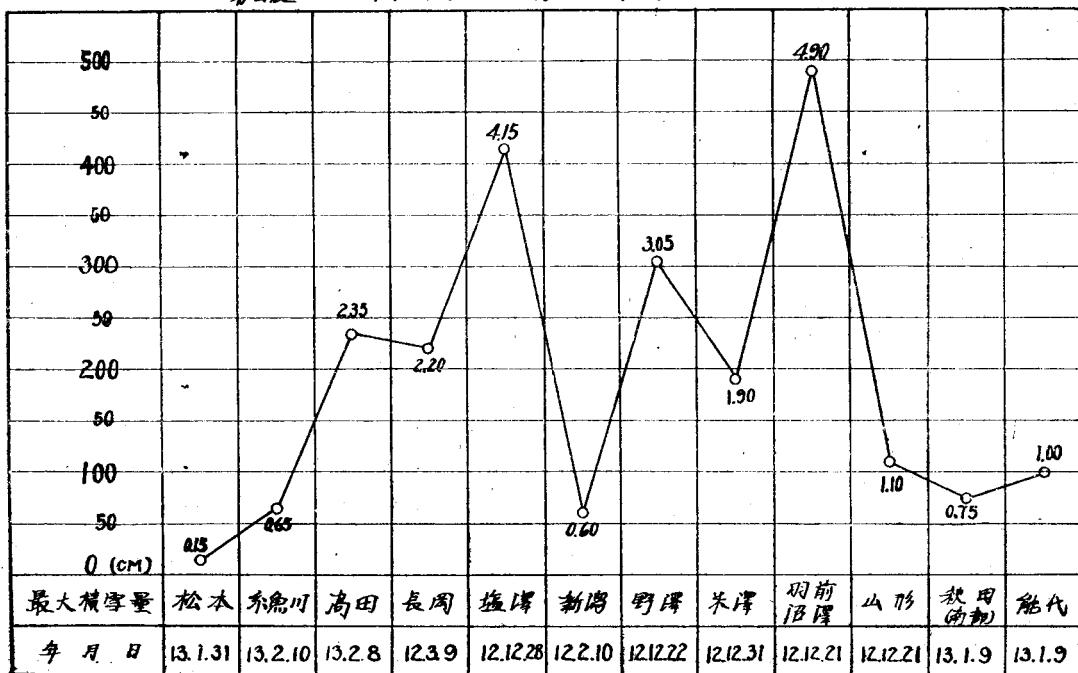
B. 有隙型防雪棚

C. 移動防雪棚

4. 防 雪 林**5. 防 雪 土 堤****6. 雪 堤****7. 雪 覆****5. 盛 土**

前述の如く満洲に於ける路面交通の支障は風のために吹き寄せられて堆積した雪のために支障を來す場合が多いので之に對処するためには路盤を常に風

第四表 日本内地各地最大積雪量



通行不能に落入るのである。

此の雪害を防止する方法に次の方法が用ひられてゐる。

1. 盛 土

の齎す雪から保護する事である。

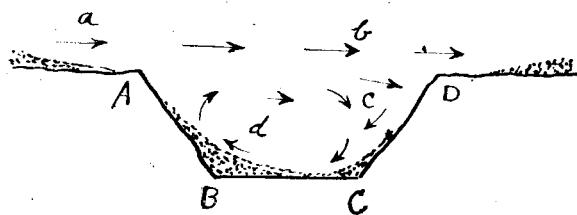
除雪機、排雪機を二六時中運転して路盤を正規の位置に維持する事は不可能である。

右の最も簡単なる方法は路盤築造に際して概して

切取の施設を避けて當該地方の最大積雪量を調査して之を超える盛土を以て道床を造る事である。然る時は常に路面は風のために積雪は吹き拂はれて運行に支障を來すが如き事なし。

6. 切取断面の擴大

A B C D の切取面を風が雪を伴つて吹く場合 A を通過する氣流 a が D に至れば氣流は幾分下部へ擴大して $b \cdot c$ となりて b はその儘 D を通過して行くが C は C D の法面に衝突して弱い氣流 C となりて下方に轉じて d となりて此處に空氣の渦流を生じ（渦流の速度は D の速度の 40—50%）で A B C の面に堆雪を生じる。



此の堆雪のため交通の障害を生ずるのである。

此の堆雪を防ぐためにはなるべく切取を避けねばならぬ、止むを得ず切取工を施工する場合は切取断面を擴大して

1. 先づ直線とする事
2. 切取の方位は専ら縦走する吹き通しを圖るため最も多い風雪の方向に沿つて定める事

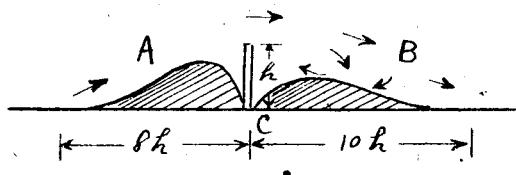
7. 防 雪 柵

道路上の積雪を防止するためには道路及び周囲の地帯に於ける風の状況を吾人に有利な方向に變更せしめねばならぬ。

此の風況の變更は堆雪する道路区域の附近に防雪柵と稱する特別な施設を設ける事に依つて達成される、防雪柵は風に對するその作用に依りて原則的に著しく異なる二つ即ち有隙、無隙の二つに分たれる。

1. 無隙型防雪柵

C 點に無隙型防雪柵がありて A の方向より B の方向に風雪があるとすれば氣流の下層に對して防雪柵は進路を遮る障害物となる。



此の阻止のため最早柵前の若干距離其の高さ h の約 8—10 倍以上の地點になると下層の風速は弱まり初めるのである。柵前の A 帯に於ては風速が可なり減少して氣壓が稍高まつた渦動區域が形成される。A 帶の上、及柵の上を通過する氣流は上方へ押上げられ其の速度も柵前の同高度の速度に比し増加してゐる。柵の上端にては氣流の分裂が生じ氣流の小分流は柵に沿ひて下方へ轉する。柵を越えると氣流の下部は次第に地表に接近する、氣流の烈しい場合柵の後にある B 帯では氣流の分裂線を境とする空氣の渦動が形成され下層の風速は逆に柵へ向ふ、下層に於ける風の野外速度は柵の高さ約 10 倍の處で恢復してゐる。雪片は多くの場合風速が弱まるため柵前の A 帯に堆積する同時に柵後の B 帯にても柵を越えて風の運んだ雪片が堆積するのである。地面に沿ひ或は空氣の最下層を前進する更に大きい重い雪片は自然柵の前に落下する故に柵前の積雪は柵後の夫れよりも遙かに烈しく増大して且柵が高い程其の差は著しい、然し柵前の積雪が増加するに従つて其の差は減少する。

此の柵に依りて堆積する雪の量を求めるに A、B 帯を夫々直角三角形と假定すれば積雪の断面積 S は概ね次の如し

$$S = \frac{1}{2} (8 + 10) h = 9 h$$

故に當該地方の積雪の最大容積を大略知るならば

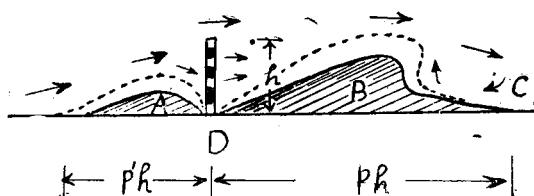
冬季に柵の附近に全部の雪を阻止し得べき柵の高さを算出する事が出来る。然しB帶全部を雪に埋めさせる事は出来ない爲め計算にて得たる高さは之を幾分即ち一米程増加して以て風雪多く冬の氷る場合に備へて相當の豫備地を柵の行動地帯に残す様にしなければならぬ。

降雪量の多き地方には右の如き限界がある故に此の柵の使用は不適當なり。

2. 有隙型防雪柵

此の柵の前者と異なる主要な點は氣流が自由に吹き通す事である、然しその隙間が大きく共やはり氣流の障害物となる。故に柵前若干距離に於て風速は減ずるがその減じ方は無隙型のものよりは少し。

柵の上部にては氣流が幾分濃化し風速は強まり氣流は上端より分裂する空氣は柵の隙間に對し恰も凡ゆる狭い口を通過する時と同じく速度を増して通過するのである。然し柵を越えて小距離の地點に到ると氣流が膨脹する結果風速は著しく減ずる、加ふるに隙間を通過する事は氣流に於ける多數の小渦動を生じ氣流のエネルギーの一部は之れに費消される、是等の事情は有隙型柵の後方に風速弱く渦動の小さい廣い區域即ちB帶を形成する原因となつてゐる。風速は柵の後方に於て相當の距離になると最少値に達する。



例へばエヌ・ア・カルーニン氏の調査に依れば高さ

4.3 米の柵にては柵の後方15—20米の距離にて風が最も弱る事が認められ、即ち距離は高さの4—5倍なりその後風速は漸次増加し遂には野外風速を恢復せ

り柵が緻密である場合はそれ丈柵前殊に柵の後方に於て風速の弱まる率が強くなるのである。

風に運ばれる雪は柵前で氣流の弱まる區域に遭遇すると一部は即ち最も重い細片は同地帯に落下する雪の大部分は空氣と共に柵の隙間を通過するが柵の直前、直後にては風速が高まるため柵の直ぐ側には積雪は形成されないで柵後方の若干距離の地點に堆積する柵の前後に積雪が増加するに従ひその氣流は幾分壓縮せられて幾分其速度の増加を惹起してゐるその結果丘は高くなると共に狹少になりて上圖の如くなる、積雪はCにては次第に低くなりその増加は頗る緩漫である、更に積雪が續くと雪丘の高さの増加を惹起するがその幅の増加は著しくない。

主丘が可なり高くなると風下の方に渦動が形成され始めてその結果雪丘には多少發達せる雪庇が生ずる。主丘が柵の後方にて柵の高さに達し之を凌駕し始めるに有隙型柵の機能には急激な變化を生じる。此の時雪丘の上端は野外の間じ高さの處より速力が幾分増加してゐるために雪丘の積雪は停止する。即ち主丘の輪廓に沿つて上昇する雪は風のためその頂上から吹き拂はれて雪庇を通過するのである。そこで雪は速力の著しく減じた渦動區域に堆積して雪丘を大きくする。

斯くて雪丘はも早や高さでなく幅を増加し次第に路盤に接近して行く有隙型柵は此の時より機能を失つたものと認められその機能の第二期が始まるのである。此の時柵の前にある積雪は柵の高さの約半分に達し柵の下部はも早や幾分雪に埋められてゐる新しく雪が堆雪するに従つて道路に面する雪丘の面は更に緩傾斜となりて丘の高さは道路に近づくと共に減少する。

此の場合の積雪最大面積は

$$S = 2 \left(\frac{1}{3} P.h \right) h = Ph^2$$

無隙型と有隙型と何れが有效なるかは次の如き差違あるにより明らかとなり、即ち有隙型は主丘の積雪を目的とするために道路迄可成廣い地帯を必要とし雪丘の形狀が稍々複雑なため有隙型は同じ高さの無隙型よりも幾分多くの雪を阻止し從つてより長期間機能を發揮する事が出来るその代り無隙型は冬季全期間を通じて柵外に雪を積み柵内即ち道路側には可成り少し、從つて道路に近く之を設ける即ち土地を廣く必要としない、無隙型は有隙型と高さ同一であつても多くの材料を有し風壓を多く受けるため更に堅固な建設を要する關係上経費がより高價となる。

無隙型、有隙型柵の機能を永く調査せし技師エヌ・エ・ドルゴフ氏は兩者の關係を次の如く表はしてゐる。

柵の高さ (米)	防雪柵より測溝の端に至る距離(米)		
	無隙型	有隙型 (隙間25%)	有隙型 (隙間20%)
2	24	24	18
3	26	27	22
4	32	32	28
5	35	36	34
6	36	40	38

註・印の距離は少な過ぎる様に思はれる、幾分多くした方が正しい。

3. 移動型防雪柵

ソ聯に於て最も普及せるものは有隙型移動柵を以

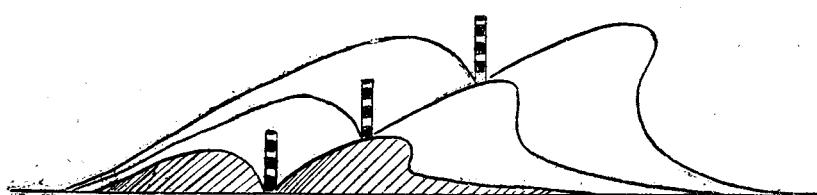
年代には技師エム・イ・グリゴロフスキイ氏に依り此の防雪柵にて道路を保護する極めて優秀な方法が考案せられた。

有隙型移動柵は普通2×2米の大きさにする。柵雪する道路區域に沿ひ一列に設けられ且つ地下に打込んだ細い杭に結び付けられる。その氣體學的性質に就ては前述の通りなり。

柵は低いため機能を發揮し得るのは一日或はそれ以來にて柵が完全に機能を終るのを待つことなく形成された雪丘に置換へる。此の置換に依りて柵の高さは増大し從つて柵の附近に於て氣流の速度が減少する滑動地帯も増加し雪の堆積が續けられるのである。

柵の後方には前者に比し幾分道路寄りに移動した新しい雪丘が出来その上端が柵の上端の高さに達するに先だち柵は再び丘に移される。其處で柵は殆んど完全な高さを保ちて再び機能を發揮し続ける。吾人は此の防雪方法を用ゆるならば高い柵を以て行ふと同じ作用を雪丘に及ぼし材料を節約する事になる。

移動型柵の巧妙な操作は柵の列を道路に近付ける事となるべく少くし新雪の防止用となる高い急峻な丘を集める事である。さうすれば柵の後方には水平の中心を有し滑動の安定せる大きい地帯が形成せられ此の地帯で柵の列が再機能を發揮する場合は多量の雪を收容する事が出来る。然し風雪の劇しい處で



て柵雪地の防雪を行ふ方法である。此の防雪柵は最初技師ベ・ア・テートフ氏に依り1863年エム・ニジェゴロドスカヤ鐵道にて提唱されたものである。1880

は柵の列が充分堅固でないため吹倒されたり一つの置換から次の置換まで柵の正常に機能を發揮する期間が比較的短い等の缺點がある。

又烈しい風雪の際に置換を行ふ事は極めて困難な作業であり且何時も之を適時に首尾よく行ひ得るとは限らないのである。

8. 防 雪 林

防雪柵の代りに道路より或る一定の距離に種々の樹種よりなる多列の植樹をなし防雪の目的を達するもので此の幅員は樹種、冬季期の風向、風力、降雪量、積雪量、氣温、雨量及び土地の状況等に依り異り林幅は廣ければ廣い程效果大であるが費用の關係上廣くする譯にも行かぬ、一般に幅員は 20—60 米位なり。

樹種は現地に適合するものを選んで松類、縦類、樺、アカシヤ等が多く用ひらる。

今防雪林内の堆雪の状態を研究した報告に依れば

1. 堆雪は防雪林 4—5 米の距離に於て先づ堆雪し始める。
2. 風上の堆雪の勾配は 6—12% である。
3. 堆雪は森林の縁邊から或る距離に於て最高に到達し而して森林が繁茂してゐればゐる程此の距離は缺くなる。

防雪林の堆雪量と幅の關係は次の如し

長さ一米當りの 堆雪量(立米)	防 雪 林 の 幅(米)	
	カレイシア氏 に よ る	ダイリツキー氏 に よ る
50 迄	30	27
100 迄	45	39
150 迄	50	50
200 迄	66	58
250 迄	74	64.4
300 迄	74	72

又防雪林の幅を決定するためにソ聯交通

省線路研究は次の如き實驗式を使用する様

に提唱してゐる。即ち

$$L = A \sqrt{P}$$

L = 防雪林の幅(米)

A = 實驗係數(4~6 の間を變化す)

P = 該地に於て今迄に觀測されたる防雪壁中の最大横大面積(平方メートル)

防雪林設置に際しては現地の積雪、降雪、風向、風速、雨量、氣温等の氣象關係及び地質地形等を調査し現地に適應したる樹種を選択し防雪林の幅員、高さ、線路に到る距離、樹列、間隔等を定むべし。

9. 防 雪 土 堤

防雪土堤は土堤を以て防雪柵の代りをなさしめるものにしてその效果は柵の場合と同様なり。

10. 雪 堤

降雪期間中のみの一時的のものにして積雪を利用して土堤同様に雪に依りて堤を作るものにしてその效果は前記同様なれ共毎年施工せねばならぬ關係上経費の點に於て難しきものなり。

11. 雪 覆

木造、鐵骨コンクリート、鐵筋コンクリート造りの覆を作りて道路を保護するものなり。