



|                  |   |
|------------------|---|
| Title            | 北海道の造林地の凍霜害，特に微細地形との関係並びにその対策に関する研究(概報)   |
| Author(s)        | 佐々木, 準長   |
| Citation         | 北海道大學農學部 演習林研究報告, 21(2), 377-395  |
| Issue Date       | 1962-09   |
| Doc URL          | <a href="http://hdl.handle.net/2115/20805">http://hdl.handle.net/2115/20805</a> |
| Type             | bulletin (article)  |
| File Information | 21(2)_P377-395.pdf  |



[Instructions for use](#)

# 北海道の造林地の凍霜害, 特に微細地形との 関係並びにその対策に関する研究 (概報)

佐々木 準長

Studies on Frost-injury of Planted Forest in Hokkaido with  
Special References to Micro-topography and Applicable  
Methods against Damage (Summarized Report)

By

Norinaga SASAKI

北海道のような北国地方では気候上の特徴となっている低い温度のため、林木に凍霜害があることを注意しなければならない。その頻度は一般に非常にたかく、普通に考えられている以上に大きい被害を与えている。

1954年から1960年までの7ケ年の間、南は津軽海峡沿岸地方から北は宗谷海峡沿岸地方までの国有林、道有林、大学演習林はもちろん、王子造林会社のトドマツ造林地などについて、広く全道にわたり凍霜害の実態を踏査研究したところ、その被害が甚だ大きく造林成績不良の主因となっていることがわかった。北海道の造林地にあらわれる地面近くの低気温は、主要造林樹種であるトドマツ開芽期の5月中旬から6月上旬にかけて、凍害をおこすような有害な低温の $-4^{\circ}\text{C}$ 以下にたびたびくだるのが常である。したがってこれに原因する晩霜害は、造林成績にえいきようすることが大きい。晩霜害は地方的大気候よりも局所的微細地形による微気候に支配される傾向が強い。すなわち、わずかな地形のちがいで鋭く変化するので、その様相は複雑をきわめて認定しにくい。被害が霜害によることを知らず、同じ失敗を繰り返している事例も少なくない。ことに晩霜害によるトドマツの凍死は、だいたい急激的でなく漸進的であることに注意されて安易に造林を進めたことが、被害を高め成績の不良を招いた大きな原因と思われる。北海道におけるトドマツは霜害にかかり易い微細地形を明らかにしなければ、造林成績の向上を計り得ない。寒風害も年によっては相当激しいことがあるが、だいたい風衝が強い地形におこり易く、晩霜害ほど一般的でない。

造林地の成績に対しては土壌の問題も見のがすことができない。しかし北海道においては、湿地、泥炭地などの特殊地帯を除けば、土性上などから造林樹種の制限をうけると

ころは凍霜害に較べて少ない。よし土地の要件が充たされていても激しい凍霜害があるところでは、トドマツの造林成果を期待されない既往の造林地を全道いたるところに見る。北海道におけるトドマツの凍霜害は幼齡時代の生死に関係し、土壌はその後の生育に関係すると考える必要がある。

北海道の国有林における造林面積の1957年までの累計は約14万haである。樹種の内訳はトドマツが最も多いが(65%)、その成績は筆者の如上7ヶ年にわたる調査の予想では、一般の期待を大きく下廻るものと見られる。また国有林における現下の拡大造林計画において、1957年以降の人工造林面積を40年間に113万ha余にひろげようとしている(樹種の目標〜トドマツ54%、エゾマツ8%、カラマツ38%)。拡大造林の実施において、もし従来のような造林方法を繰り返えすとしたならば、更に不良造林地が造成される懸念もあり、いまこそ過去におけるトドマツ、エゾマツ造林成績不良の大きな原因が凍霜害にあることを一般がよく認識し、不十分な現状にある防除対策の確立に邁進すべき時機に直面している。よって、如上造林地の凍霜害実態調査の結果を参考として、1957年、北海道大学苫小牧演習林の林地に試験地を設定し、1960年までの4ヶ年の間、主としてトドマツ凍霜害の保護対策について研究した。

以上により本稿は初めに(I)春の晩霜害(トドマツはだいたい7月中旬をすぎると伸長が止まり、冬芽を形成するので早霜の危険は少ない)を微細地形から解析して樹種の耐霜性におよび、また冬の寒風害を地形、風の有無、積雪量、土壌の凍結などから解析して、樹種の耐寒性を取扱った。次いで(II)凍霜害の保護対策を植栽上の措置と樹木の保護による防除法とに大別して論述している。

## I 北海道の造林地における微細地形と晩霜害

### A 微細地形と晩霜害

結霜は緯度、地形、地被物の状態、特に上木の有無など環境要素にえいきょうされることが大きい。各地の最低気温が零下にくだる時期を曲線で示すと、必ずしも緯度と直接の関係を示していない。したがって結霜についても同様である。これは地方の大気候よりも各地の微細地形による、微気候がえいきょうすることが大きいことを示唆するものである。

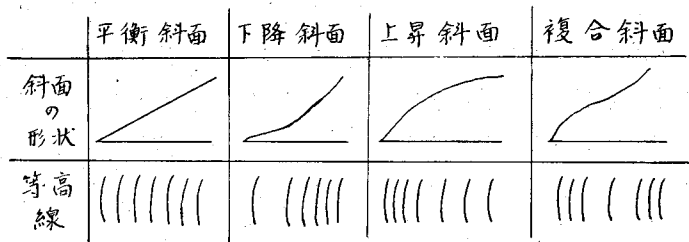
地形と低気温に関する概念は、古く R. GEIGER(1927)や M. WOELFLE(1939)が与えている。この結霜に関係が深い地形因子として、局所的な斜面の傾斜度と形状、地形曲率、凹凸頻度の外に、斜面の方位、海拔高などが主な因子としてあげられる。このうち地形曲率は早春の地表面に近い低温な空気の流下、停滞、分布状態と密接な関係がある重要な微細地形の因子であるが、有害な低温はこのほかに斜面の傾斜度や形状、ことに長さなどに

関係し、凹型地でも傾斜度が急であれば寒冷な空気は下方にむかって流れ去り、また凸型地であっても傾斜度がゆるく、山脚がきわめて長ければ、寒冷な空気の流下が緩慢であるため被害にかかり易い。また凹凸頻度はだいたい傾斜度が大きくなれば頻度が少なくなり頻度が多くなるにしたがって傾斜度が次第にゆるやかになる傾向がある。

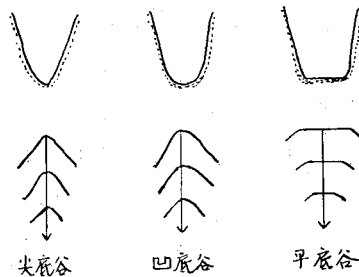
以上の関係から局所的微細地形と晩霜害との関係は、主として局所的な斜面の傾斜度と形状から解析し、次いで斜面の方位及び海拔高との関係に論及する。

### 1. 傾斜度及び斜面の形状と晩霜害

傾斜度は緩斜地(6°~10°)と急斜地(11°~30°)とにわけ、斜面の形状は平衡斜面、下降斜面、上昇斜面、複合斜面と4つの型に大別して(第1図参照)、晩霜害との関係を説明する。平衡斜面は概して霜害が少ない。斜面の凹凸頻度がきわめて少なく、形状が直線的であって寒冷な空気が流れ易いためである。このばあい、傾斜度の増加にしたがってトドマツ植栽木は霜害率を減少し、これに伴って生存率が向上する。しかし6°~7°の傾斜面までは谷間の平坦地とほとんど変りがなく霜害を蒙る例が多い。谷幅が狭い凹底谷形に接する緩斜地では、平衡斜面でも植栽後数年で強い霜害のため消滅しようとするところがある。また広い平底谷形に接する緩斜地でも植栽後十数年は霜害の危険があり、その生存率は5割内外に過ぎないことがある。平衡斜面の急斜地は冷い重い空気が流れ易いため霜害がおこりにくく、われわれはトドマツの優良造林地をこの地形に多く見る。これも谷幅の広狭でちがひ、平底谷形、凹底谷形、尖底谷形(第1図参照)と谷幅の広い順位に斜面における霜害



傾斜面の形状



谷の横断面

第1図

は軽減されていく。だいたい凹底谷形においては $15^{\circ}$ 乃至 $20^{\circ}$ 以上の傾斜度、平底谷形では $15^{\circ}$ 以上の平衡斜面を霜害に安全とする。下降斜面は霜害の危険が大きい。斜面の上部が急で、下部がゆるやかな凹型の斜面で、上部から流れ込んでくる寒冷な空気が下部に高く停滞するがためである。凹底谷形に接する下降斜面は著しく霜害が強いが、平底谷形ではだいぶ緩和されている。また同じ谷形の下降斜面では山脚が長いほど霜害が強いが、谷形がちがうばあいは広い平底谷形に接する下降斜面は、狭い凹底谷形に接する下降斜面より山脚が長くとも霜害が軽減されている。上昇斜面は概して霜害が少ない。斜面の上部はゆるやかであるが下部は急に谷に落ちていて、寒冷な空気が流れ易いためである。上昇斜面で霜害をうけているところの多くは、長い山脚の傾斜度 $10^{\circ}$ 以下の斜面である。複合斜面は霜害がおこり易い。斜面の凹凸頻度( $f$ )が多く、寒冷な空気の移動が緩慢であるためである。凹底谷形に接する凹凸頻度が5以上の複合斜面では、植栽後数年で全滅に瀕するトドマツ造林地もあるが、頻度が3以下の複合斜面では割合に軽微な霜害に止ることがある。

如上これを総括するに単純な形状の平衡斜面では傾斜度と晩霜害との関係が強く、傾斜度の増加に伴って霜害が軽減していくが、複雑な形状の上昇斜面や下降斜面並びに複合斜面は、傾斜度よりも斜面の形状との関係が強い。また寒冷な空気が流れ易い平衡斜面や上昇斜面は霜害が少なく、停滞し易い下降斜面や複合斜面は霜害の危険が多い。ことに凹底谷形に接する下降斜面や凹凸頻度が5( $f_5$ )以上の複合斜面では改植状態に陥る造林地が多いので、トドマツの植栽は危険である。

谷間などの平坦地または台地(傾斜度 $0^{\circ}\sim 5^{\circ}$ )は冷い重い空気が停滞し易く、ことに平坦地では接する傾斜面からも寒冷な空気が集ってくるので、晩霜害の激甚地が造成され易い。したがって散生状態または全滅状態に陥ったトドマツ、エゾマツの造林地は、全道いたるところにある。平坦地におけるトドマツの霜害は谷幅の広狭でちがいが、尖底谷、凹底谷、平底谷と谷幅が狭い順位に低い低温があらわれて霜害が強い。しかし同じ谷形でも風の有無によってちがう。例えば苫小牧演習林の試験地において、風の流通が悪い縦谷の平坦地(山の神31班1957)におけるトドマツは、強い霜害のため植栽3年目の生存率はわずかに3%に過ぎなく、残存木は霜害程度が強い奇形木(複梢に芯止りが重なったもの—第2図参照)が多い。これに対し勇払原野からの風がさえぎるものなく入り込む横谷の平坦地(山の神7班)における同年のトドマツの生存率は69%であって(残存木の霜害率44%)、両者の間に著しいちがいがあがる。STAUDACHER(1924)は谷間の霜のおりる地域は、谷に流れ込む風の広狭によってちがいがあるといっている。尖底谷(V字型)間の平坦地における霜害は谷間では最も強く、温暖な渡島地方でも全滅に瀕するトドマツ造林地がある。窪地状地形の平坦地は更に霜害が強い。いわゆる霜穴で、冷い重い空気が集って来て、どこへも吹き散らされないまま、ながく高い層として静止し、上方のあたたかい空気と交換しにく

いからである。

霜は地表上の高さを増すにしたがって，強度も回数も減ずる。これは霜を結ぶばあいには地表附近の気温の垂直分布が放熱型のばあいで，上方ほど高温になっているからである。晩霜季の林地において凍害があるような低温の日には，地上 25 cm の最低気温と 150 cm のそれとは，だいたい  $3^{\circ}\sim 4^{\circ}\text{C}$  くらいの気温の開きがある。したがって植栽当時における平均 25 cm 内外の苗木が霜害に最も危険であるが，漸次高さを増すにしたがって安全となる傾向がある。この霜害に危険な地上高を霜高という。霜高以上の高さに伸長すればその後はだいたい安全に育って，やがて閉鎖して成林の域に達するが霜高以上に育ち得ないばあいがある。また霜高以上になるまでに不良



第2図 トドマツ霜害木（奇形木）

木となるばあい，あるいは著しい生長のおくれを生ずるばあいも少なくない。霜高を脱したかどうかはだいたい肉眼でも判別できる。霜高以下のトドマツは枝が水平に射出して枝序の間が短い，脱出すれば斜めに分岐して枝序間が長い。このばあい，植栽木は笹高を脱出することが必要であって，笹高以下における植栽数年間の伸長を見て霜害の保護となる上木を伐除し，失敗した霜害地形における実例を随所に見る。これは笹の表面は面積が大きいので，蒸発面が多く熱の放散が盛んなために気温が低下し易くなるからである。

STAUDACHER (1924) は雑草の先端が霜の発祥となることから，これを GRASFROST と呼んでいる。しかし正確を期するには精密な樹幹析解の結果を，最低気温の観測で裏づけなければならない。

1954年から1960年までの7ケ年にわたり，北海道各地の霜害がおこり易い裸の平坦地または台地におけるトドマツ霜害造林地において，霜害の特徴を顕著にあらわした標準となる霜害木の樹高（直径は関係が薄い）を析解（連年の伸長を知るため枝節ごとに截面，根元近くの枝節は黒い渦巻状の斑点から判別できる）した。この結果から植栽後霜害によ

って遅々としていた樹高の連年生長が急に促進される高さを求め、これに枝の射出する形態、すなわち、水平に射出して枝序間が短いか、斜めに分岐して枝序間が長いかなど、その他不定芽の発生並びに分叉、芯止りなどの状態から霜高を認定した。その結果、霜高は次のように霜害と同じく微細地形に支配される傾向が強いため、霜高によって各地における霜害の程度をだいたい知ることができる。

如上によれば胆振の洞爺湖中島湖畔の平坦地におけるトドマツの霜高は1.04 mであって、全道において最も低い。裾野及びカルデラの平坦地の平均霜高は1.78 m (範囲1.50 m~2.05 m)であって、これに次いで低い。このうち風通しが良い樽前山麓における裾野の平坦地の霜高は1.50 mで、植栽後4年(4年生山出、以下同じ)を経過しているに過ぎない。

平底谷間における平坦地の平均霜高は3.13 m(同2.00 m~4.51 m)であって、これが植栽後の経過年数は平均12年である。このうち最も霜高が高いところは、海拔600 mに近い白金温泉附近の4.51 mで、植栽後の経過年数は平底谷としては最多の17年を示している。平底谷における霜高が最も低いのは弟子屈地方(霜高2.00 m, 植栽後の経過年数13年)で、雄武の特異な地形(同2.81 m, 急に川に落ちる)を除けば、檜山の石崎(同2.90 m, 同11年)の順位である。しかし霜高までの植栽後の経過年数は弟子屈が多く、霜害は霜高に経過年数を加えて考慮する必要がある(凹底谷も参照)。

凹底谷間における平坦地の平均霜高は3.57 m(同1.95 m~5.73 m)であって、これが植栽後の経過年数は平均16年である。この谷形における調査地平均霜高の高い順位は、上川地方(同4.62 m, 同21年)、中川地方(同4.53 m, 同17年)、檜山地方(同4.08 m, 同16年)、後志山塊地方(同4.00 m, 同16年)、胆振地方(同3.17 m, 同21年)、十勝地方(同2.50 m, 同21年)、北見~宗谷地方(同2.43 m, 同12年)であって、必ずしも地方の気候の寒暖とは一致していない。十勝地方と宗谷地方との平均霜高のちがいはきわめて少ないが、前者は植栽後の経過年数が著しく多く、これは十勝地方の平坦地は北見地方のそれに較べて霜害の危険期間が長いことを示す。この霜高はまた霜害の様相と同様に風の有無によってもちがいが、北見地方の霜害がきびしい同じ凹底谷間の平坦地でも、風通しが良い温根湯(同1.95 m 同14年)の霜高は低く、悪い清里(同2.67 m, 同18年)の霜高が高く、経過年数も多い。尖底谷の平坦地における霜高調査の例は少ないが、温暖な渡島地方でも紅葉谷のように霜高3.92 mを示し、植栽後の経過年数は24年に及ぶところがある。山間盆地の平坦地における霜高もまた高く、狩勝峠に近い落合地方では全道最高の数値(6.97 m)を示している(植栽後の経過年数24年)。

以上を総括した全道の平坦裸地におけるトドマツ植栽木の平均霜高は3.34 m(範囲1.04 m~6.97 m)であって、これが植栽後の経過年数は平均19年である。M. WOELFLE(1939)も樹種の霜高を3 m~4 mと認めている。このように裸の平坦地におけるトドマツ

は植栽後 20 年近く霜害の危険があり、その間生長が遅々としていて多額の手入費を要するばかりでなく、形質もきわめて悪い。地形ゆるやかなところは地盤高の如何を問わず霜害を蒙り、台地 (PLATEAU—辻村太郎は地上高が一般に大きくなく、面積も狭いものを高台と呼んで区別している) におけるトドマツの植栽成績は不良なところが多い。

台地におけるトドマツの晩霜害は谷間の平坦地とちがいで、接する谷幅の広狭よりも、台幅の広狭と台脚が一方的に谷に接しているか、台の両脚が谷に臨んでいるかによってちがう。2つの台脚が谷に臨み、台幅 50 m 以下のばあいは霜害に安全なことが多い。このばあい、風の流通が良く、かつ台脚が急であれば、霜害に安全な台幅は更に広がる。

以上を総括した全道の裸の台地におけるトドマツ植栽木の平均霜高は 1.77 m (範囲 0.58 m~2.50 m) であって、これが植栽後の平均経過年数は 14 年である。すなわち、裸の台地の平均霜高は裸の谷間における平坦地のその約半数にあたる。これは台地は平坦地よりも低温な接地気層が薄く、霜高を早く脱出するからである。

苫小牧の霜害試験地において、1958 年 5 月 17 日、18 日、19 日の 3 霜日に観測した平均最低気温を、裸の谷間の平坦地と台地とについて比較するに、地上 25 cm では平均最低気温のちがいが少ないが (0.3°C)、100 cm では台地が 1.3°C 高かった。

北海道において 1954 年 9 月の 15 号台風によって未立木地化した要造林地は台地に多い。例えば層雲峡国有林においては 2 万 ha を越え、置戸並びに十勝三股国有林においても数千 ha に及ぶ。これらをあわせた一般の台地における過去の造林成績は概して悪いだけに、台地は広大な要造林地を控え慎重な施業を必要とする。

以上のようにゆるやかな地形におけるトドマツ植栽木は晩霜害にかかり易いが、次のような特異の地形では霜害が軽減されている。例えば霜害がおこり易い平坦地または台地でも、側斜面が急に川または谷に急斜しているところは、寒冷な空気が移動し易いため霜害が少ない。朝日が遮られるばあいはゆるやかな地形、いわゆる霜害地形でも、凍結した植栽木の細胞が徐々に融けて、細胞が再び水を吸収することができることから霜害が軽減されている。したがって林間苗畑設定のばあい、東側に山または樹林を背負う位置をえらぶべきであり、また皆伐作業のばあい、朝日が遮られるように東側に林帯を保残することその他朝日をうけないところに造林することによって、霜害を軽減して成績の向上を計ることができる。小さい凸型の地形におけるトドマツの植栽成績もまた良い。これは小高い地形で両側に傾斜するため、寒冷な空気が移動し易く有害な低温を生ずることを緩和するからである。天塩管営林署部内の豊富附近にはこのような緩乃至急斜の小さい凸型の地形が多く、徳満団地 (豊富経営区一旧、以下同じ) では 1,500 ha ほどの集団的なトドマツ優良造林地がある。その緩斜地形 (90 班、東面 6°, 1956, トドマツ) においても成績が良く、生存率は 94% に及び、残存木の霜害率は 18% に止る (1958)。また下降するゆるく幅の狭い稜



線の地形も霜害が少なく、その代表的なトドマツの優良造林地は、霜害がきびしい道東地方における池田道有林の久保にある。これらに対し扇形の流域と狭い稜線でせばめられた流域口をもつ盆状の地形は寒冷な空気がうっ積し易く、平坦地とほとんど変りがなく霜害を蒙る例が多い。また北大苫小牧演習林や藻琴山麓の小清水造林地(国有林)のような山と山との間に凹地が連続介在する平行する谷に刻まれた幼年期の丘陵または台地の地形や台地の地域が多い層雲峡におけるケスタ形(CUESTA-並列の段丘地)のような地形は、傾斜度の如何を問わず霜害を蒙り易く、トドマツ、エゾマツの植栽成績は概して悪い。

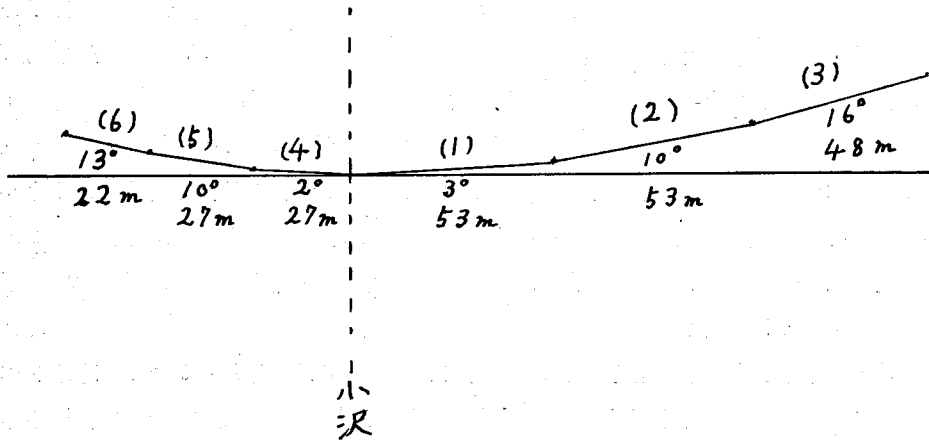
尚注意すべきは急な斜面でも谷また台地からある比高は霜害を蒙ることである。傾斜地に見られる低温の特徴は斜面の下ほど低温で、斜面をのぼれば上ほど低温が緩和されている。谷間に接する傾斜面におけるトドマツ植栽木の霜害に危険である谷からの比高は、だいたい谷幅が広くなるほど危険な高さが低くなる傾向がある。例えば平底谷形に接する平衡斜面では、谷底近くから霜害に安全なことがあるが、凹底谷形では平衡斜面でも、だいたい谷からの比高10m以下は霜害に危険である。凹底谷形のばあい、谷からの比高10mくらいの上と下の間に、霜日には $2^{\circ}\text{C}$ 以上 $4^{\circ}\text{C}$ くらいの最低気温のちがいがあことは珍らしくない。また同じ谷形でも傾斜面の形状によってちがいが、如上のような凹底谷形に接する下降斜面では、谷からの比高35mまで霜害に危険なことがあるから、トドマツの植栽は注意を要する。台地に接する急な傾斜面でも窪地型地形のばあい、台地からある比高の斜面は霜害を蒙ることあるが、その程度は軽微で、比高は10m以下である。

## 2. 斜面の方位と晩霜害

弟子屈営林署において1938年から1945年の8ヶ年にわたり植栽したトドマツ(1,256.30ha)を調査した斜面方位別成績(1955)を総括するに、南側の成績は北側に較べて劣る。南側においては南西、南東、南の順位に成績が悪く、北側では北東、北、北西の順位に悪い。また総体として東面は西面よりも成績が劣る。すなわち、南西面の成績が最も悪く、北西面の成績が最も良い。日当たりが最も強い南西面(R. GEIGERは1926年の5月から9月にいたる生長期の晴れた日の地上25cmにおける毎日の日射量の偏向は、北から東斜面はわずかで、南から西斜面は大きく、最高の値は南西面にあるといっている—1927)は土地の乾燥によって苗木の活着が悪く、その上、日中暖かで開舒が早いのに、晩霜季においては、日中暖かいところは夜間に冷え易いので霜害の危険が大きい。風当たりが強い南西面におけるトドマツは一層危険で、南よりの暖かい風が融雪を早めて開舒が促進され霜害の危険が高まるので、トドマツの植栽は避けたほうが良い。

北西面におけるトドマツの植栽成績が良いのは、朝日の射入がおそい確率が多く、植栽木の凍結した細胞の融解が徐々であって、恢復が容易であるからである。したがって、北西面でも早く朝日が当たる位置にあれば、霜害を蒙って成績が悪い。これを弟子屈経営区

の北西面と南東面とが対峙する地形(86ろ班, 1945, トドマツ)において例示する。本地域に第3図のようなトランセクトを設定して(東経144°21', 北緯43°29'), 調査(1955)した成績は第1表の通りである。



第3図 弟子屈経営区 86ろ小班 昭和20年度トドマツ植栽地調査図

東経 144°21' 北緯 43°29'  
 北西面 南東面  
 斜距離 76m 斜距離 154m  
 水平距離 75m 水平距離 151m  
 比高 11m 比高 25m  
 縮尺 1/2000

第1表 同一地域における方位別トドマツ植栽成績 (弟子屈 76ろ班)

| 番号<br>(No.) | 方位 | 傾斜度<br>(°) | 距離 (m) |       | 比高<br>(m) | 生存率<br>(%) | 生育歩合<br>(%) |    |    | 胸高直径 (cm)      |                    | 樹高 (m) |         |
|-------------|----|------------|--------|-------|-----------|------------|-------------|----|----|----------------|--------------------|--------|---------|
|             |    |            | 斜      | 水平    |           |            | 上           | 中  | 下  | 平均             | 範囲                 | 平均     | 範囲      |
| (1)         | 南東 | 3          | 53.0   | 52.9  | 0~2.8     | 1          | 100         |    |    | 6.3            | 6.3                | 4.5    | 4.5     |
| (2)         | "  | 10         | 53.0   | 52.2  | 2.8~12.0  | 23         | 14          | 36 | 50 | * 3.8<br>* 3.3 | 2.8~5.0<br>2.8~4.5 | 2.0    | 1.0~3.4 |
| (3)         | "  | 16         | 48.0   | 46.1  | 12.0~25.2 | 30         | 38          | 44 | 18 | * 3.3<br>* 3.9 | 1.5~5.7<br>3.9     | 2.5    | 1.1~3.5 |
| 計又は<br>平均   |    | 3~16       | 154.0  | 151.2 | 0~25.2    | 16         | 29          | 39 | 32 | * 3.6<br>* 3.4 | 1.5~6.3<br>2.8~4.5 | 2.3    | 1.0~4.5 |
| (4)         | 北西 | 2          | 27.0   | 27.0  | 0~0.9     | 0          |             |    |    |                |                    |        |         |
| (5)         | "  | 10         | 27.0   | 26.6  | 0.9~5.6   | 19         | 40          | 20 | 40 | * 3.0<br>* 3.8 | 1.5~4.1<br>3.8     | 2.3    | 1.4~3.2 |
| (6)         | "  | 13         | 22.0   | 21.4  | 5.6~10.6  | 100        | 100         |    |    | 6.3            | 5.1~8.2            | 4.5    | 3.6~5.5 |
| 計又は<br>平均   |    | 2~13       | 76.0   | 75.0  | 0~10.6    | 24         | 80          | 7  | 13 | * 5.3<br>* 3.8 | 1.5~8.2<br>3.8     | 3.8    | 1.4~5.5 |

備考 \* 印は根元直径とす。

上表の通り北西面 (No. 6) の地帯における成績が優秀であるのは、次のように朝日の射入がおそいためと、傾斜度が強いことに基因するものと認める。まず同地方晩霜季の中間(5月15日~6月10日)と認められる5月28日(1955)における日の出を、理科年表の日出算出式 $\sim T = T_0 + M \mp Nn$  ( $T_0$ =東京における日の出,  $M$ =東経を引数として太陽出入推第1表から求める。  $N$ =北緯を引数として同2表から求める。  $n$ =出((-))から入((+))までの時間の半数を引数として同3表から求める)から求めたのに3時49分となった。この日の出から、比高約11mの北西面における投影が如何に変化するか、 $\sin H = \sin P \times \sin Y + \cos P \times \cos Y \times \cos t$  式 ( $H$ =太陽の高度,  $P$ =太陽の赤緯,  $Y$ =観測地点の緯度,  $t$ =時角)から  $\sin H$  を求め、これと同値の  $\tan H$  を誘導すれば、6時50分における影の長さは21m  $\left(\frac{11\text{ m}}{\tan 27^{\circ}16'}\right)$  となる。すなわち、北西面の頂部地帯 (No. 6—水平距離21m) は気温が急に上昇し始める7時近くまで大約影があることになり(1958年5月3日, 13日の霜日における苫小牧演習林露場の自記温度計による観測によれば、6時は平均 $-1.8^{\circ}\text{C}$ , 7時は $+4^{\circ}\text{C}$ である), このため霜害が軽減されて優秀な成績をあげたものである。これが標準木(胸高直径6.23 cm, 樹高4.78 m)をえらび樹幹析解したところ、その霜高はわずかに60 cmに過ぎなく(植栽後7年目)、以降はほとんど滞滞なく伸長している。これに次ぐNo. 5の地帯は頂部の地帯よりも早く朝日が当るため著しく成績が劣る。この標準木(同2.50 cm, 同2.48 m)を樹幹析解の結果、霜高は1.38 mと認められ、植栽後12年目のこの高さから伸長が促進している。この霜高は南東面No. 3の地帯における霜高(1.31 m)に類似しており、共に成績が悪い。すなわち、北西面でも位置により朝日の照射を早くうけると南東面と変わりがなく、霜害を蒙って成績が悪い。

北海道中央以北におけるトドマツ天然生樹の更新状態は、南乃至西向きの斜面が良く北または東向きの斜面は概して悪い。これは林内では最も乾燥する季節でも、だいたい20%内外の土壌含水量を有しているため、南側の土地の乾燥は余り問題とされず、北側の光量不足が制限因子となるからである。裸地ではこれとちがひ、北側、ことに概して朝日の射入がおそい北西面が、霜害を軽減されて成績が最も良い。

### 3. 海拔高と霜害

輻射型霜の出現は地形、ことに微細地形によって鋭く変化するので、海拔高と霜害との関係を求めることはなかなか容易でない。高所でも谷間の霜害はきびしいが、傾斜面はおだやかな傾向にある。しかし台地は場所的条件が同じだから海拔高によるちがひが少ない。例えば層雲峡の海拔850 mから1,000 mの間の台地において、地盤高のちがひによるトドマツ、エゾマツ植栽木の霜害差異を余り認められない。これに対し移流型の霜は寒波の襲来による低温に伴うから地形に関係がなく、位置が高くなるほど霜害の危険が多くなるらしい。しかし北海道における造林の対象となるのは、だいたい海拔600 m以下の地帯

が多いので、輻射型の霜を多く予想される。この霜は如上のように微細地形、ことに局所的な傾斜度や斜面の形状に大きく支配されるので、海拔高と霜害との関係は、さほど造林上の大きな問題とならないであろう。

#### 4. 造林樹種と霜害

造林樹種の耐霜性については、平坦裸地におけるトドマツ、エゾマツは90%に近い晩霜害を蒙る例が多い。ただ、わずかにエゾマツはトドマツよりも耐霜性が強い。初めトドマツの芽は霜害のあとに数多くの不定芽ができて恢復力が強いが、エゾマツはその後早く耐霜性を増して、霜害に危険な高さ一霜高をより早く脱出する。これに対しアカエゾマツは霜害に対して強く、激甚地でも霜害率は30%以下に止り、しかも霜害程度が軽い複梢木（2股以上）が多い。

グイマツはアカエゾマツより耐霜性が強い。例えばトドマツ植栽木がきびしい晩霜害のため消滅した落合王子山林の広い台地において、改植されたグイマツの樹高は、同年のアカエゾマツのそれに較べて2.8倍の数値を示している。

樹種の耐霜性は場所により、年齢などによってちがいがあがるが、だいたい霜害地形における抵抗性の強弱は次の順位と考える。

強 グイマツ、アカエゾマツ、ストロブマツ

中 ドイツトウヒ、カラマツ

弱 エゾマツ、トドマツ

#### B 微細地形と寒風害

林木の寒害は秋が長く、硬化 (Hardiness) の態勢がととのわぬ前に、寒い冬がおとずれたばあいの融雪期におこり易い。保護する積雪が少なく、特に風が加わるばあいは寒風害があらわれる。植物自身の寒冷に対する抵抗性は、秋から冬にかけて次第に増加して厳冬季に最大となるが、3月に入ると耐寒性が著しく減少する。植栽木を寒害、ことに寒風害から保護する積雪は3月中旬ころから一段と融雪が促進されるので、植栽木は裸出する危険が多くなる。BIERLEYは最初から寒冷な大気中であつたリンゴの枝は硬化されているから寒害に強いが、雪に覆われてから裸出した枝は硬化されていないので寒害に弱いといっている（赤羽紀雄, 1961～北大農学部学位論文）。それにこの時期はまだ凍土の融解が十分でないので、ことに風当りが強い風衝地では、植栽木の葉の蒸散作用が促進されるのに、根の吸収作用が伴わず平衡が破れて一種の乾燥死がおこる。これに夜の低温が加わり3月中、下旬ころ積雪を抜け出たトドマツ植栽木の梢頭などに多くの被害を見る。H. PRICE (1952) はコンクリートのように凍った土壤の水分量は凋萎点以下で植物は乾燥死に陥るが、植物の根が凍結線の下にあるときは凋萎しない。また雪が植物を被覆する十分の深さにあれば、土壤凍結の間葉の蒸散作用を防ぎ、根の吸収作用と平衡に保たれるので、植物は凋萎しないといっ

ている。

寒風害にかかり易い地形は、谷筋に面する凹斜面や谷筋における支流の分岐点及び弯曲点附近並びに尾根筋における鞍部または台地などである。谷筋に風の進路をさえぎる山岳が突出し、山岳前方の斜面を吹きあげるばあいは、接する台地の寒風害が激しい。しかし海岸に近いところは、方位に関係がなく強い寒風害を蒙る。寒風害はこのような風衝が強い特殊な地形におこり易く、晩霜害ほど一般的でない。

寒風害木の形態は樹冠が偏平に大きく、樹高が著しく低くて萎縮しており、その上梢頭または枝の先端が凍死しているが、その被害が茎や葉にあるので割合に整形である。これに対し晩霜による被害はもっぱら芽にあるので、数多くの不定芽ができて樹形が不整となり易いから識別できる。またトドマツ、エゾマツ、ドイツトウヒなどが育ち得ないような寒風害地は笹高1m以下(ミヤコザサを除く)、生笹の割合が30%以下で、半枯笹や枯笹が多い。時に指標植物としてカヤ類やスゲ類の侵入がある。冬季において積雪がスカブラ化(氷化)するのも特徴の一つで、これらの事実から寒風害地をだいたい予察できる。

トドマツ植栽木に対する寒風害のえいきょうは、笹高を抜け出た高さ2~3mぐらいにおいて最も著しくあらわれ、4m以上の高さからは減退する傾向がある。したがってトドマツ植栽木に対しては、少なくとも高さ4mまでは寒風害に対し保護の必要がある。しかし如上のような笹高1m以下、生笹30%以下の風衝地では、トドマツよりも抵抗性が強いカラマツでも、成林を望みにくいばあいが多い。

寒風害については、層雲峡の造林地のようにエゾマツはトドマツよりも強く、ことに風衝が強い横谷の南向きの斜面において、そのちがいが著しい。田添元(1936)は積雪下における稚苗の根の耐寒性について研究し、細胞の滲透価の高低から GOVOROV の説にしたがって推論し、耐寒性はエゾマツがトドマツよりも強いといっている。

カラマツは北海道における針葉樹としては風に対する抵抗性が強く、平地などに防風林帯として利用されることが多い。しかしその抵抗性には限度があり、如上のように笹高1m以下、生笹30%以下の風衝地では成林を期しにくい。

ドイツトウヒの適地はスギに似て、風当たりが強いところは成績が悪い。ドイツトウヒを総括すれば、晩霜害に強いが、寒風害に対してはきわめて弱い。

ストロブマツは晩霜害に強いが、寒風害に対しては割合に弱い。苫小牧の王子山林では、ストロブマツは冬季の寒風が当たる北向きの斜面を避け、専ら南向きの斜面に植栽している。

アカエゾマツは寒風害に晩霜害が重なり合うような地形においても強く、いいかえれば晩霜害と寒風害に対して強く、凍霜害の危険地においてグイマツに次ぐ適樹と認める。

アカエゾマツの自生純林は現在、火山灰地系または湿原地系のような特殊な地帯に多

く，その他蛇紋岩地帯などに分布が制限されているが，十勝岳泥流跡などにカバ類に次いで進入し，また高所の岩石地帯にも良く自生するなど適応力の強い樹種と認め，ことに凍霜害の危険地においては，如上のようにトドマツ，エゾマツにはるかに優る成績をあげているので，もっと積極的に造林を推進すべきである。

グイマツもまた凍霜害に対して強い。例えば宗谷地方の沼川国有林において防風林帯として植栽したグイマツ(1929)は，地形平坦で霜害も蒙り易いが，立派(ha 当り平均生長量  $5.95 \text{ m}^3$  ~ 林齢 34 年 ~ 1960)に成林している。グイマツは高所においても凍霜害に対して強い。例えば海拔 870 m の層雲峡における八方台の台地において，グイマツは植栽 3 年目まで凍霜の被害がないが，隣接する同年のエゾマツの凍霜害は 93% に及び，両者の間に著しいちがいがあ。しかし，この台地の端におけるグイマツは 59% の寒風害をうけており，このような風衝が強いところはグイマツでも成林を期しにくい。このばあいは天然生カバ類などを利用し，また後述のように人工下種して，目的樹種の造林に適する環境をつくり出すことも必要である。グイマツを総括して凍霜害に対し最も強い樹種と認める。

現下の拡大造林における造林樹種の目標は，如上の通りトドマツ，エゾマツがその 60% を越え，グイマツ，アカエゾマツの比率がきわめて少ないが，凍霜害の危険地においてはトドマツ，エゾマツに較べてはるかに優る成績を挙げているので，もっと積極的にこれが増殖を計るべきである。

## II 凍霜害の保護対策

### A 植栽上の措置と霜害

#### 1. 苗木の大小

台地は谷間の平坦地に較べて，如上のように低温な接地気層が薄いことから，大形苗木の植栽を有利とするが，寒冷な空気が流れ易い急斜地では，小形苗木でも良果が期待できる。

#### 2. 地拵の方法

霜害を軽減するには全刈地拵よりも筋刈地拵が良い。苫小牧の霜害試験地その他において，晩霜季の霜日には刈払幅が広いほど低い温度があらわれている。筋刈の幅は笹高の 1.5 倍幅程度が良く，筋刈の方向は寒冷な空気が流れ易いように傾斜面に縦刈するのが良い。このばあい，その方向を南 ~ 北にとれば，朝日が遮られることから一層霜害を軽減することが出来て，効果的である。

#### 3. 植栽密度と植栽法

霜害の危険地におけるトドマツは，疎植よりも密植するほうが，早く閉鎖して成林する傾向が強い。植栽本数に関しては尚研究の余地があるが，ha 当り 4,500 本程度の密植が良

いものと思われる。朝日村のオキト国有林における苗畑直上の台地では、ha 当り 4,500 本程度に密植したところだけ良く残り (ha 当り平均生長量  $6.12 \text{ m}^3$ —林齢 22 年)、それ以下の疎植のところは強い晩霜害のため悉く消失している。しかし苗木が十分でないばあいは列間を長くし、植間を短くするのも霜害地形において、撫育はともかく、成林に都合が良い一つの植栽法である。例えば枝幸国有林の徳志別における著名なトドマツ優良造林地 (1 林班, 1924, 谷間の平坦地 ha 当り平均生長量  $12.23 \text{ m}^3$ —林齢 35 年) は植間 1.8 m, 列間 4.5 m の ha 当り 1,200 本植えであり、また道東地方の霜害がきびしい内陸の陸別国有林 (陸別 31 号班, 1926, 北々東の緩斜地) において、植間 1.8 m, 列間 4.5 m~5.4 m に植栽したトドマツは、林齢 34 年において ha 当り平均生長量は  $6.24 \text{ m}^3$  を示している (北大中島博士の野幌地方トドマツ林収獲表—等林地; 林齢 35 年のそれは  $3.7 \text{ m}^3$ )。

#### 4. カラマツとトドマツとの列状混植

霜害地形においてカラマツを先植えて、保護効果をあらわす 4 m くらいの高さになってからトドマツを後植えする。このばあい、保護帯となるカラマツ植列の方向は朝日が遮られるよう南~北にとるのが良く、カラマツの間に挟まれるトドマツ植栽の帯幅は、カラマツの樹高 (4 m) の 2.5 倍、すなわち、10 m 幅くらいとするのが、苫小牧における霜害保護試験の結果などから見て良い。

#### 5. 人工苗と天然苗

白金温泉附近における国有林の平坦地において、植栽年度をひとしくするトドマツの天然苗は、人工苗に較べて霜害率は 41% 少なく、この結果生存率において 51% 多い。このようにトドマツの天然苗は人工苗に較べて、はるかに霜害に対して強い例がある。

北海道におけるトドマツ植栽木の霜害に危険な年限は如上のように長く、年により強い霜害を蒙ることがあるので、生育ばかりでなく、耐寒性がある優良品種を選抜して育成を計る必要がある。

### B 樹木の保護による霜害防除法

ゆるやかな裸出した地形、いわゆる霜害地形におけるトドマツ、エゾマツは、樹木を利用してその保護のもとに育成を計るのが、便宜かつ安全である。トドマツの植栽成績が悪いのは凍害に主因するものであるから、林冠によって輻射を抑制して低温を緩和しようとするものである。霜害地形において林木によってトドマツ植栽木の霜害を防除する方法に、孔状、側方、上方の 3 通りの保護法がある。

#### 1. 孔状保護法

弟子屈 (署) のシケレベ (弟子屈 58 号班, 1954, トドマツ, 谷間の平坦地) 及び陸別国有林 (陸別 1 号班, 1940, トドマツ, 谷間の平坦乃至緩斜地) などにおける調査 (1955~1956) によれば、トドマツ植栽木を霜害から保護する適当な孔状地面積は、大約  $\pi/4 \times$  (周囲林分

高の2倍<sup>2)</sup>に相当する。ただし、このばあい、周囲の樹林による孔状部の庇蔭度は40%から50%の間を必要とする。DANCKERMANN (1898) はすでに半世紀前に孔の直径  $D$  と周囲の林分高  $H$  との比、すなわち、 $D/H$  について実験し、完全な保護を期待できる円形孔はその比は1.25であり、被害抑制の限界を1.5とし、2.0以上は霜害のおそれが大きいと警告している。しかし社台国有林(樽前138班, 1943, トドマツ3,000 haに余る広大な台地)のような多角的形状をとれば(凍害と霜害, 北方林業叢書13集参照), 孔状地面積は周囲林分高の3倍まで孔隙直径を拡大することができる。ただ、孔状地周囲の林分高を25 m(針葉樹純林)とし、特殊な形状の林分高の3倍を孔隙直径としても、面積は0.5 haに足りない。したがって広く林帯で包み造林するばあい、温暖な道西南端における駒ヶ岳の麓(道有林の台地, 鹿部よりの海岸に近い, 1935, トドマツ, 面積5.85 ha)においても、林縁を遠ざかるにしたがって霜害の危険が高まり、中央部近くからは強い霜害のため植栽木はほとんど消失している。林内の孔隙が大きくなると強い日射をうけ、しかも空気の流動が少ないため、日中の気温は開放地よりも高くなり、夜の輻射が開放地に近く盛んとなって低温になるためである。

北海道における現下の林力増強計画は、1954年9月の15号台風によって発生した未曾有の林木の惨害から森林資源の造成が急務となって生れたものだけに、林帯保護の点が強調されている。したがって林帯保護のばあいは広く林帯で包み造林することなどを避け霜害がおこらないような十分な注意を以て推進しなければならない。

## 2. 側方保護法

陸別の斗満国有林(斗満79班, 1934, トドマツ, 海拔410 mの台地)及び池田道有林の忠類苗畑防風林(原野の平坦地)などにおける調査によれば(1955, 1957), 側方の樹林によってトドマツ植栽木を霜害から保護する有効幅は、朝日に直面するばあいは精々樹高の0.8倍幅くらいである(忠類)。R. GEIGER(1926)はMünchenにおける大人の高さくらいのFichteの植栽木に対する高さ15 mのカバ林の側方保護の有効幅を12 m(0.8倍)とし、K. REBELの観測と一致している。しかし朝日が遮られるばあいの有効幅は側方林分高の1.5倍幅程度である(斗満)。すなわち、樹林による側方保護の有効幅は、朝日が遮られるばあいに顕著にあらわれて、直面するばあいの約2倍にあたる。したがって帯状に伐採するばあい、林帯の方向は南～北にとるべきであり、東側に側方林分高の1.5倍幅、西側に0.8倍幅、あわせて約2.5倍幅以内にとれば霜害に安全である。苫小牧経営区における幅68 mの交互帯状伐採跡地(帯の方向、南～北)に植栽したトドマツ(207ろ班, 1944, 裾野の平坦地)において、東南東側(エゾマツ外2, 平均胸高直径45 cm, ha当り本数225本, 同396 m<sup>3</sup>)の林分高24 m, 西北西側(エゾマツ外1, 同46 cm, 同200本, 同413 m<sup>3</sup>)の林分高26 m, すなわち、両側平均林分高(25 m)の2.5倍の63 m幅のところは、植栽木の生存率は88%



に及び (1956), 生育状態も良好である (生育歩合～上 41%, 中 36%, 下 23%, 平均樹高生長～19.33 cm)。

### 3. 上方保護法

適当な孔状地面積や側方保護の有効幅は, 如上のように予想外に小さい。大面積の造林施業には上木を保全する方法, すなわち, 樹下植栽に優るものがない。晩霜季においてトドマツの芽を害するような低温な日には, 林冠の保護下と裸地とでは 4°C くらいの気温の開きがあって, 保護下には有害な低温があらわれにくい。

全道の平坦地または台地などの霜害がきびしい地形におけるトドマツ植栽木の過去 7 年にわたる調査によれば, だいたい閉鎖度  $\left(\frac{\text{全樹冠面積}}{\text{全地面積}}\right)$  30% 以下のところはまだ霜害の危険があり, また 70% を越えれば被圧の害にかかる。したがって上木の適当な閉鎖度は 40% から 60% の間にあり, 理想値は 53% 程度と考える。上木の径級としては大きいものほど良く, その形質を問わない。したがって「アバレ木」などは格好の上木である。また小径上木としては胸高直径 2 cm (樹高 4.4 m) くらいから保護効果を認めるが, 小径上木は被圧の害を及ぼし易く, 3年に1回くらいの割合で林冠の切り透しを行う必要があるので煩雑である。

上木の適当な閉鎖度は風の有無などによってもちがいが, 風通しが良い苫小牧試験地の台地などでは, 閉鎖度 40% 近くでも, トドマツは霜害から保護できることがある。

以上を総括し 北海道の霜害地形における上木の適当な閉鎖度はだいたい 50% 程度と推定され, その保護のもとにトドマツを育成すれば, 霜害を免れて成績の向上を計ることができる。

R. GEIGER と H. AMANN (1931) は樹冠(カシワ)の被陰下または半被陰のもとにおいて下木(ブナ～霜害に弱い)は強い夜の輻射の害から免れているといっている。

北海道の林地においてナラ類の樹冠下にトドマツ前生稚樹が多いことから, 上木の樹種としてはミズナラをとり, 胸高直径別樹冠面積の実測値 (190 本) を指数曲線式  $Y = \frac{X}{e^a + bX}$  ( $Y$ : 樹冠面積,  $X$ : 胸高直径) に代入して常数を求めたのに  $a = 3.735606$ ,  $b = 0.148393$  となった。よって常数を代入して胸高直径別樹冠面積を算出し, この数値から閉鎖度 50% の ha 当り適正本数を誘導すれば第 2 表の通りである。上表樹冠面積の実測値と算出値との分散は 9.3% ( $6^2 = 0.09283$ ) に過ぎないので, 一般的に適用して大過がないものと認める。

上木の保護を要するのはだいたい 15° 乃至 20° 以下の傾斜面であって, 保護の必要がない急斜面に上木があればトドマツ植栽木は被圧の害にかかる。だいたい 6°～7° の傾斜面までは平坦地(台地を含む)とほとんど変りがなく, 上木の保護を要するものと認めるが, 霜害に安全な傾斜面まで, どんな具合に上木の閉鎖度を変えていくか尚研究を要する。

第2表 上木適正本数表

| 胸高直径<br>(cm) | 樹冠面積 (m <sup>2</sup> ) |        | ha 当り本数 (本) |               |
|--------------|------------------------|--------|-------------|---------------|
|              | 実測値                    | 算出値    | 算出完全閉鎖度     | 同閉鎖度<br>(50%) |
| 5            | 2.41                   | 3.05   | 3,279       | 1640          |
| 6            | 3.54                   | 3.66   | 2,732       | 1366          |
| 7            | 4.23                   | 4.33   | 2,309       | 1155          |
| 8            | 5.79                   | 5.08   | 1,969       | 985           |
| 9            | 6.36                   | 5.90   | 1,695       | 848           |
| 10           | 7.37                   | 6.79   | 1,473       | 737           |
| 11           | 7.93                   | 7.77   | 1,287       | 644           |
| 12           | 8.36                   | 8.81   | 1,135       | 568           |
| 13           | 9.72                   | 9.92   | 1,008       | 504           |
| 14           | 10.65                  | 11.12  | 899         | 450           |
| 15           | 14.00                  | 12.38  | 808         | 404           |
| 16           | 14.40                  | 13.72  | 729         | 365           |
| 17           | 16.00                  | 15.13  | 662         | 331           |
| 18           | 15.20                  | 16.60  | 602         | 301           |
| 19           | 21.41                  | 18.15  | 551         | 276           |
| 20           | 20.15                  | 19.76  | 506         | 253           |
| 22           | 25.92                  | 23.16  | 432         | 216           |
| 24           | 25.92                  | 26.82  | 373         | 187           |
| 28           | 34.89                  | 34.76  | 288         | 144           |
| 29           | 39.02                  | 36.87  | 271         | 136           |
| 30           | 40.79                  | 39.03  | 256         | 128           |
| 32           | 41.22                  | 43.46  | 230         | 115           |
| 33           | 40.05                  | 45.73  | 219         | 110           |
| 34           | 43.54                  | 48.04  | 208         | 104           |
| 35           | 54.80                  | 50.39  | 198         | 99            |
| 38           | 54.47                  | 57.60  | 174         | 87            |
| 40           | 58.24                  | 62.55  | 160         | 80            |
| 41           | 67.39                  | 65.06  | 154         | 77            |
| 42           | 64.00                  | 67.59  | 848         | 74            |
| 43           | 68.15                  | 70.14  | 143         | 72            |
| 44           | 76.97                  | 72.71  | 138         | 69            |
| 45           | 75.15                  | 75.29  | 133         | 67            |
| 48           | 87.01                  | 82.95  | 120         | 60            |
| 50           | 90.07                  | 88.43  | 113         | 57            |
| 51           | 90.76                  | 91.09  | 110         | 55            |
| 54           | 88.12                  | 99.11  | 101         | 51            |
| 55           | 82.47                  | 101.80 | 98          | 49            |
| 56           | 114.98                 | 104.59 | 96          | 48            |
| 57           | 127.23                 | 107.18 | 93          | 47            |
| 60           | 145.27                 | 115.36 | 87          | 44            |
| 26           | 120.51                 | 120.65 | 83          | 42            |
| 63           | 123.65                 | 123.34 | 81          | 41            |
| 65           | 136.53                 | 128.72 | 78          | 39            |
| 71           | 146.87                 | 144.75 | 69          | 35            |
| 72           | 164.62                 | 147.40 | 68          | 34            |
| 77           | 159.04                 | 160.55 | 62          | 31            |
| 84           | 175.38                 | 178.58 | 56          | 28            |
| 86           | 198.04                 | 183.65 | 54          | 27            |
| 87           | 185.78                 | 186.16 | 54          | 27            |
| 92           | 162.73                 | 198.57 | 50          | 25            |
| 98           | 196.60                 | 213.08 | 47          | 24            |
| 99           | 205.84                 | 215.46 | 46          | 23            |

またトドマツ植栽木が上木の保護を要するのは、霜害に危険な高さ一霜高までであってこの高さを脱出してから上木を保残すれば、植栽木は被圧の害にかかる。従来の「トンネル」造林の弊は、保護の必要がない急斜面に樹木を残したことで、霜高を脱出してから樹木を保残したことによるものと思われる。この由因を知らずして霜害地形をも無差別に皆伐して裸地に造林したことは、過去においてもトドマツ成績の不良を高めた。不良な天然林を人工林にきりかえるなど、林木の利用をより積極化する林力増強の実施において、霜害地形は別扱いとし、すなわち、立木を適当に保残して(閉鎖度50%程度)霜害の防除に努めなければ、所期の成果をあげ得ないであろう。

しかし寒波の襲来による移流型の霜による被害地(美幌道有林7は班, 1942トドマツ, 閉鎖度56%のところでも69%の霜害がある)や上川地方の安足間道有林におけるような昔ながらの笹原(1954, トドマツ, 広い台地, 海拔600m, 閉鎖度90%に近いところでも33%の霜害がある), 窟地の底(洞爺湖の中島国有林1652, トドマツ, 閉鎖度51%のところでも82%の霜害がある)などでは、上木の保護だけではトドマツの晩霜害を防ぎきれない。このばあいは凍霜害に強いグイマツやアカエゾマツなどを導入するより外に途がない。

### C 寒風害の保護

寒風害を防ぐには地被物, ことに樹林による保護効果が大きく, 北海道において25年振りに顕著なトドマツ植栽木などの寒風害があった1956年~1957年の冬季に, 道東地方の弟子屈国有林における摩周廻遊路沿いにおいて, 樹林地はトドマツの寒風害を免れた実例を見た。H. W. ANDERSON (1947) はカリフォルニアのノースフォークで植生が土壤凍結を緩和する作用を認め, 土壤の凍結がおこるための最低気温の限界値は, 裸地  $-0.5^{\circ}\text{C}$ , 草生地  $-1.7^{\circ}\text{C}$ , 低林地  $-10^{\circ}\text{C}$  といっている。土壤の凍結を和らげて植物の乾燥死などを防ぐ林木の効果は, この事例のように大きいことがある。

寒風害を防ぐには平地とちがい, 山地では北西の風に直面する峰通りまたは小峰筋などの高い位置に保護林帯を設置するのが効果が大きい。地形に関係がなく, 等距離に林帯を設定して効果が薄い事例は, 層雲峡の八方台や斜里岳麓における上札鶴国有林の造林地などにある。林帯の幅は広過ぎてもその割合に効果が薄く, 有効幅は20mから50m止りと思われる。したがって主な峰通りなどは林帯の幅を50mくらいとし, 小峰筋などは20mくらいとすべきであろう。また凍霜害が危険な地形において, 如上のように上木を適当に残すことは, トドマツ植栽木の晩霜害を防ぐばかりでなく, 林冠によって土壤の凍結を和らげて下木の根の吸収作用を良くし, 葉の蒸散作用を抑制して平衡を保ち得ることから寒風害をも軽減することが出来て, 一石二鳥というべきであろう。

北海道における高寒風衝地の造林は失敗の事例も少なくないので, 慎重に施業を進めなければならない。目的樹種の造成に先立って, その造林に適する環境をつくり出すこと

も場所によっては必要である。筆者が嘗て弟子屈の地（帝室林野局）に在任の当時，この目的を以て裸の純カバ林帯に，ダケカンバ，ケヤマハンノキを人工下種したものは（1938～1941，面積 281 ha，ha 当り 2 kg 播種—2,500 穴），現在その 6 割ほど成林し，高さ 6 m～7 m の密なしょう壁となって，所期の目的を達成している。