# 林木の冠雪害危険地域

佐　伯　正　夫(1)
杉　山　利　治(2)

## ま　え　が　き

林木の機械的雪害には，冠雪荷重によるもの，積雪の沈降・匍行など雪圧によるもの，なだれによるものがあるが，林木の成長の段階に応じて，被害に関係する因子，雪害のあらわれ方は変化していく。

積雪下に埋没する幼齢林の雪害は，冠雪荷重が雪害の誘因とはなるが，主として，雪圧による被害である。積雪量，雪質の差異に応じて，被害の程度は異なるが，積雪地帯では毎年発生する常習的な被害である。したがって，雪圧による雪害の程度は，雪質の差も影響するが，大きくは，積雪の多い地帯ほど多いということができよう。

これに対して成林した壮齢林以上の林木の雪害は，雪圧による根曲り，幹割れなどの被害もあるが，主として冠雪荷重による被害である。冠雪害は，一時に大量に降る雪によって発生する災害的な被害であって，年間の積雪量の多少に直接影響されるものではない。したがって，冠雪害の危険性は必ずしも多雪地方に多いとはいえない。

冠雪害防止の研究では，実験的方法による冠雪機構の解明[12)14)18)21)]，冠雪害をうけた林分の実態調査などによる，冠雪害に対して有効な樹種・品種・樹形・林分の構成・保育方法および危険地形の研究が行なわれてきた。ある地域あるいは地形が，冠雪害に対して，どの程度の危険性のある場であるかを知ることは，冠雪害防止のための森林の保育を実行する場合はもちろん，林業経営上も重要なことと考えられる。

本報告は，主として既往の気象資料によって，各地の冠雪害発生危険頻度を求め，全国的にみた冠雪害危険地域の地帯区分を試みたものである。

## I　調　査　方　法

### 1.　危険地域の判定方法

林木の冠雪害に関係する因子は，大別して冠雪荷重（冠雪量とそれに作用する風力などの外力を含む）に関するものと，その荷重に対する樹幹，樹枝，樹根などの抵抗性に関係するものとに分けられる。冠雪量の多少は，降雪量その他の気象因子と冠雪する地物の性質，すなわち樹種，品種，樹冠の形状，林況などに支配される。また，冠雪荷重に対する林木の抵抗性は，樹幹形，材質など林況因子によってきまる。このように林木の冠雪害の発生は，降雪量その他気象因子と林分状況の組合せによってきまるもので，同じ降雪量があっても，冠雪する量はその時の気象状態，林況によって異なり，また，被害の発生程度は，

（1）　防災部防災科防災第一研究室
（2）　防災部治山科理水研究室長心得

樹種，品種はいうまでもなく，森林の取扱いの差によっても異なってくる。

このように，冠雪被害に対していろいろな因子が影響するが，ここでは一般に冠雪量が多くなるほど被害は増大する，冠雪量の多少は主として，降雪量と気温に支配されるという2つの仮定のもとに，まず林況因子を無視して，冠雪が増大しやすい気象状態の発生頻度（冠雪危険気象発生頻度）の地域的分布を求めた。

つぎに，林木の雪に対する適応性は，樹種，品種およびその生育環境によって異なると考えられるので，既往の冠雪害発生林分の実態調査資料を参考にして，前記冠雪危険気象に林況関係因子を加えて，林木の冠雪害危険地域判定の尺度とした。

## 2. 資料および解析の方法

冠雪が異常に発達し，林木の被害が生ずるようになるには，多量の降雪量と雪片が樹冠に付着し冠雪しやすい気象条件が必要である。既往の実験[12)18)]あるいは調査の結果を総合すると，冠雪が発達しやすいのは，0°C付近の比較的温暖な気温が持続し，日射がなく，風速が小さい場合である。気温については，−0.3〜−0.7°C が最も冠雪に適した温度といわれているが，冠雪の限界はおおよそ +3〜−3°C 程度とみてよいであろう。また，風については約 3 m/s 程度以下の風速が冠雪の発達に適するものと考えられる。そこで次のような基準によって，各地の冠雪危険気象の発生回数を求めた。

資　　料　　全国気象旬報（気象庁）

期　　間　　1952年11月 〜 1962年4月の10冬期間

調査地点　　観測成績10か年以上の地点，北海道を除き842か所

冠雪危険気象の条件　　（1）　1日の積雪増加深が20cm 以上におよぶ降雪

（2）　降雪中の気温が最高気温 3°C 以下，最低気温 −3°C 以上

上記の条件に該当する日数を冠雪危険気象の発生回数としたが，冠雪危険気象条件のうち，資料収集の困難な日射，風などの因子は省略した。また，降雪量を日積雪増加深で代用したのは，冠雪害が発生する場合，降水が雨から雪に変化する場合が多く，雨と雪の割合を区分することが困難なこと，新積雪の観測資料は非常に少ないことなどの理由で，広く同一基準の資料を求めうる日積雪増加深を採用したものである。

冠雪しやすい気象条件であっても，林木の被害が発生するには，多量の降雪がなければならない。冠雪害が発生するのに必要な最低限度の降雪量は，樹種，品種をはじめ林分の状況によって，冠雪率（降雪量に対する冠雪量の割合）や樹幹の抵抗性などが異なるため，その決定は非常に困難であるが，主として既往の冠雪害発生林分の調査結果を参考にして，冠雪害発生に必要な日積雪増加深の最低限度を決めた。

冠雪害調査事例の大部分は，スギ，マツ類の雪害であるため，上記最低限度は主として，これらの樹種を基準にして決定した。なお，林木の雪に対する抵抗性は，同一樹種でもその生育環境によって異なるものと考えられる。したがって林木の生育環境に応じて，日積雪増加深の最低限度を補正することとした。すなわち林木の雪に対する適応性を，その地帯の最深積雪の平年値によって表現し，これによって地帯区分を行ない，それぞれの地帯ごとに，冠雪害発生に必要な日積雪増加深の最低限度を定め，これ以上の降雪をともなった冠雪危険気象の発生頻度を，林木の冠雪害危険頻度とし，冠雪害危険地域の区分を行なった。

つぎに冠雪害危険地形については，既往の調査により風下斜面の中腹以下の沢地形に，とくに被害が集

中することが認められるので，地域ごとに冠雪害発生危険時の風向の頻度を求め，その風下斜面を危険地形とした。

## II　調査結果および考察

### 1．林木の冠雪害調査事例

過去における冠雪害林分の実態調査資料から，危険地域の判定に必要な参考事項を第1表に摘記した。これらは印刷公表されたものだけで，また林木の冠雪害と同様な現象である電線着雪の被害については省略した。

第1表　冠　雪　害　調　査　事　例

| 冠雪害発生地 | 発生年月日 | 引用文献 | 気　象　状　況 | 主な被害樹種 | 摘　　要 |
|---|---|---|---|---|---|
| 秋田県院内地方 | 1923.Ⅳ.12～14 | 6 | HS＝105cm（院内）NW風 14m/s（13日15時） | スギ，マツ，サクラ | 被害区域は山形県新庄以北秋田県全域。山麓地帯の渓谷地・風背地に被害が多い。天然林よりも人工林の被害が多い。 |
| 群馬県碓氷郡小根山国有林 | 1928.Ⅲ.9～10 | 8 | 南海低気圧，微風，Tmean≒0°C，HS＝10cm（伊香保） | アカマツ，クロマツ | 窪地，SE斜面に被害が多い。アカマツよりもクロマツの方が被害が多い。この林分は1916年にも雪害をうけた。 |
| 長野，群馬，山梨各県 | 1932.XI.14～15 | 19 | 台風による風雪，HS≒50cm（浅間山峯ノ茶屋） | カラマツ，アカマツ，ナラ，クリ | 暴風雨の被害は関東一円に発生したが，冠雪をともなった被害は，長野，群馬，山梨各県の高海抜地帯。被害は傾斜地，谷間に多く，峯どおり，平地は少ない。 |
| 福井県 | 1942.Ⅰ.17～18 および Ⅱ12～13 | 9 | NHS≒60cm（ワタユキ，Ⅰ.17～18）NHS≒30cm（ミズユキ，Ⅱ.12～13） | 竹林 | |
| 福井県大野地方 | 1942.XII.5～6 および XII. 8～9 | 10 | NHS≒35cm（XII. 5～6）NHS≒20cm（XII. 8～9） | アカマツ，スギ | クリ，ナラ，アベマキ，ネムノキ，竹の被害も発生した。 |
| 山口県阿武郡川上村 | 1949.Ⅱ.14 | 17 | 西高東低気圧配置，HS＝40cm（筏場）T≒0°C，冠雪後10 m/s のNW風が吹く | スギ | 被害区域は阿武，大津，吉佐，玖珂の各郡。足場丸太生産を目標とした立木密度が高く，樹幹細長な林分が特に激害をうけた。 |
| 千葉県安房郡清澄東大演習林 | 1951.Ⅱ.14～15 | 1 | 南海低気圧，Tmax＝4.3°C，Tmin＝−3.4°C，N和風，HS＝40cm（清澄） | スギ，ヒノキ，アカマツ | このほかモミ，マテバシイ，タブ，カシの被害がある。風背斜面（S向），中腹から沢にかけての被害が多い。 |
| 岩手県岩手郡北上山国有林 | 1952晩冬 | 11 | ２月以降，ボタンユキが数回降る。 | アカマツ | 被害林分面積 10 ha，NE向斜面。沢通りの広葉樹皆伐跡地に隣接する林縁木，凹地に被害が多い。 |
| 岩手県江刺郡米里村 | 1952.XII.中旬 | 7 | | スギ | 官行造林地32年生，沢沿い山腹に被害が多い。 |
| 山形県酒田市，同　西荒瀬村 | 1953.Ⅰ.16 | 5 | Tmax≒2°C，Tmin＝−2°C，NHS≒25cm | クロマツ | 海岸クロマツ林，クロマツの雪害率はアカマツよりも大きい。 |
| 北陸地方 | 1956.Ⅰ.9～10 | 13 | 北陸不連続線の停滞により，新潟県西部から福井県東部の海岸，里山地帯に一挙に約１mの初積雪があった。T＝−0.4～−2.0°C（富山，伏木） | スギ | 被害区域は富山，石川，福井の各県，風背斜面の山裾に近い緩斜面に被害が多い。ボカスギの雪害率は地スギにくらべ，非常に大きい。 |

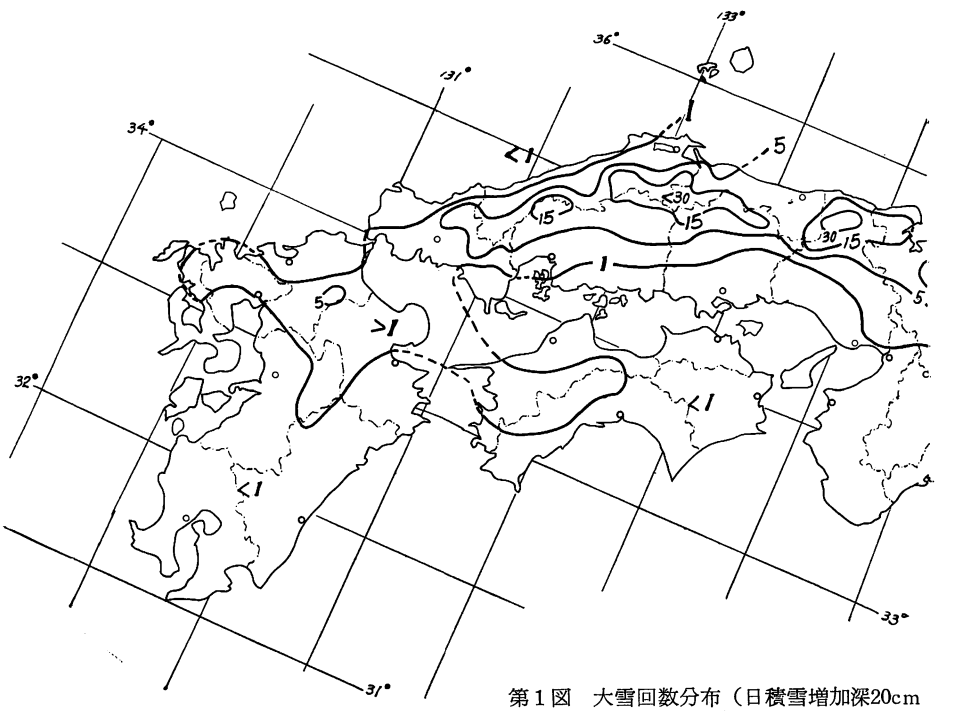
第1表（つづき）

| 冠雪害発生地 | 発生年月日 | 引用文献 | 気象状況 | 主な被害樹種 | 摘要 |
|---|---|---|---|---|---|
| 福岡県粕屋郡九大粕屋演習林 | 1956. II. 27～29 | 4 | 27日HS＝30cm，29日HS＝40cm，この間ほとんど無風（粕屋演習林） | スギ | 被害区域は北九州一帯，面積的には小さいがエンピツビャクシン，イヌマキが激害をうけた。ヒノキ，マツ類，モミなどの被害は少ない。 |
| 北陸地方 | 1960. XII. 29～31 | 16 | 1956. I. 9～10と同じような気象状態 | スギ，アカマツ，クロマツ | 被害区域は北陸4県，被害状況は1956. I. の雪害と似ている。N～E向き斜面の山麓谷沿い地形に被害が多い。クロマツの雪害率はアカマツよりも大きい。 |
| 群馬県碓氷郡小根山見本林 | 1961. III. 26～27 | 15 | Tmax＝2.2°C，Tmin＝−2.0°C，風向E，HS＝45cm（小根山） | ドイツトウヒ，カナダマツ，ニオイヒバ，スギ，アカマツ | チョウセンゴヨウ，チョウセンマツ，リギダマツ，テーダマツ，ストローブマツ，ヒノキ，サクラ，モミの被害は軽微であった。 |
| 福岡県鞍手郡鞍手町谷山 | 1962. I. 30～31 | 2 | HS＝30cm | モリシマアカシア | 成長量測定試験地の雪害 |

備考：HS＝積雪深，NHS＝新積雪，T＝気温。

調査事例が少なく，また調査の目的に応じて調査の内容も異なっているが，共通的あるいは特徴的事項をまとめると，被害樹種については，スギが最も多く，ついでマツ類で大多数は常緑針葉樹であるが，落葉広葉樹に発生した例も数例ある。被害林分の状況，被害形態などの記載は省略したが，一般に立木密度が大きく，形状比（樹高／胸高直径）の大きい林分に被害が多く，被害形態は最も致命的被害である幹折れの被害が多いことが特色である。

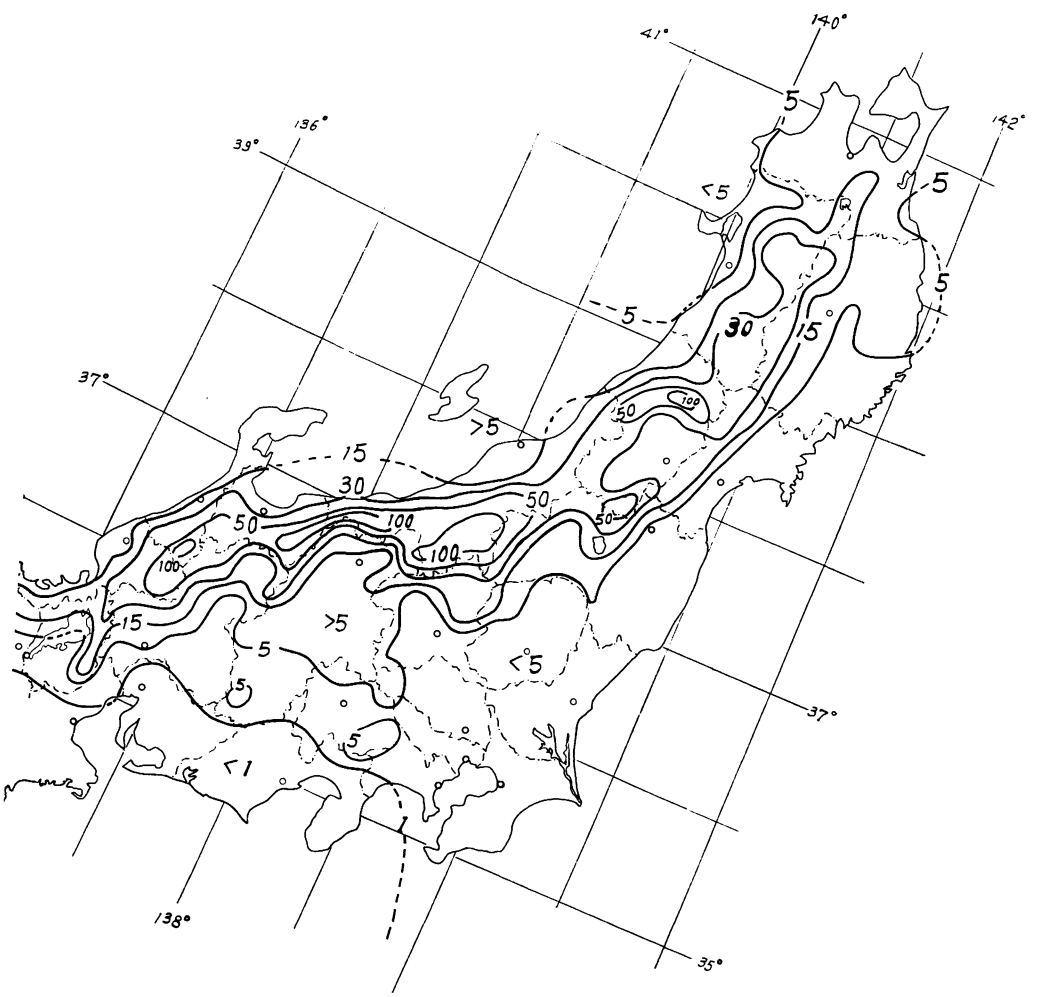
雪害発生時の気象状態については，災害地が山地である場合が多く，また被害の発生時刻を正確につか




第1図　大雪回数分布（日積雪増加深20cm
Fig. 1　Distribution of the frequency of

みえない場合が多いため，直接被害に関係した気象資料を求めることが困難であるが，気温については，おおよそ 0°C 前後の気温状態が継続していることが，各地に共通的に認められる。また，気温の変化過程は，高温から低温に変化し，したがって，降水が雨から雪に変化した場合が多い。被害発生時の風速は非常に小さい場合が多いが，強風をともなって被害が激増した例も数例ある。しかし，後者の場合も冠雪が増大する期間の風速は，比較的小さかったようである。降雪量については，採用した資料や表現の方法が異なるので，精密な比較検討はできないが，地域によって差があり，一般に平常積雪の多い地帯ほど多量の降雪量によって被害が発生している傾向が認められる。このことについては，後で述べることにする。

つぎに被害地の地形については，山地で被害の多いのは，風下斜面の中腹以下とくに山麓，沢地形であって，峯筋や風上斜面の被害はほとんどみられない。このことは各地に共通する被害と地形の関係であって，危険地形の判定に重要な因子と考えられる。




以上，1953～1962 年冬期)
a heavy snowfall (1953～1962).

第2表　大雪回数と冠雪危険回数

| 県 | 所名 | 海抜高 (m) | 日積雪増加深 (cm) 1953～1962 冬期 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ＞20 | | ＞30 | | ＞40 | | ＞50 | |
| | | | 大雪回数 | 冠雪危険回数 | 大雪回数 | 冠雪危険回数 | 大雪回数 | 冠雪危険回数 | 大雪回数 | 冠雪危険回数 |
| 青森 | 大間 | 17 | 9 | 4 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 |
| 〃 | 弘前 | 40 | 17 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 〃 | 三戸 | 45 | 9 | 1 | 4 | 1 | 4 | 1 | 2 | 0 |
| 秋田 | 沼館 | 48 | 45 | 9 | 13 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 〃 | 阿仁合 | 120 | 25 | 8 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 山形 | 鶴岡 | 16 | 20 | 8 | 3 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 〃 | 肘折 | 365 | 108 | 22 | 24 | 12 | 10 | 5 | 6 | 1 |
| 新潟 | 糸魚川 | 11 | 21 | 17 | 6 | 5 | 3 | 3 | 1 | 1 |
| 〃 | 安塚 | 80 | 73 | 53 | 19 | 12 | 8 | 6 | 3 | 2 |
| 〃 | 砂場 | 270 | 119 | 45 | 64 | 19 | 26 | 9 | 12 | 4 |
| 〃 | 湯沢 | 377 | 113 | 40 | 77 | 23 | 40 | 9 | 18 | 2 |
| 〃 | 赤倉 | 910 | 162 | 24 | 43 | 14 | 34 | 5 | 11 | 4 |
| 富山 | 富山 | 9 | 23 | 17 | 14 | 13 | 8 | 7 | 2 | 2 |
| 〃 | 伏木 | 12 | 23 | 19 | 9 | 9 | 7 | 6 | 2 | 2 |
| 〃 | 祖山 | 188 | 92 | 34 | 40 | 21 | 22 | 11 | 6 | 3 |
| 〃 | 真川 | 1,100 | 173 | 30 | 95 | 19 | 61 | 12 | 32 | 9 |
| 石川 | 輪島 | 6 | 12 | 8 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 〃 | 金沢 | 27 | 19 | 14 | 6 | 5 | 3 | 3 | 0 | 0 |
| 〃 | 白峯 | 480 | 111 | 34 | 47 | 18 | 20 | 8 | 10 | 4 |
| 福井 | 小浜 | 3 | 11 | 6 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 〃 | 武生 | 20 | 19 | 9 | 5 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 〃 | 大野 | 175 | 45 | 17 | 18 | 10 | 6 | 4 | 3 | 2 |
| 京都 | 福知山 | 18 | 8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 〃 | 上林 | 150 | 17 | 5 | 11 | 3 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| 兵庫 | 中田 | 72 | 11 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 〃 | 西谷 | 210 | 21 | 4 | 9 | 2 | 7 | 2 | 3 | 0 |
| 鳥取 | 若桜 | 215 | 25 | 11 | 8 | 3 | 7 | 3 | 6 | 3 |
| 島根 | 東伯 | 218 | 14 | 9 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 〃 | 匹見 | 260 | 12 | 5 | 6 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 〃 | 志学 | 360 | 15 | 3 | 3 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 山口 | 篠生 | 205 | 9 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 岩手 | 徳佐 | 310 | 10 | 7 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| 〃 | 湯田 | 235 | 45 | 15 | 10 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 |
| 宮城 | 北奥中山 | 430 | 10 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 〃 | 松島 | 5 | 4 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 〃 | 門沢 | 160 | 40 | 17 | 13 | 7 | 3 | 1 | 1 | 0 |
| 〃 | 原島 | 490 | 46 | 6 | 8 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 福島 | 福代祠 | 67 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 〃 | 猪苗代 | 540 | 30 | 8 | 10 | 5 | 3 | 1 | 1 | 0 |
| 栃木 | 中宮祠 | 1,335 | 17 | 1 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 埼玉 | 浦和 | 20 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 千葉 | 清澄 | 380 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 山梨 | 甲府 | 272 | 3 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 〃 | 源本 | 420 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 長野 | 松本 | 610 | 12 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 〃 | 軽井沢 | 934 | 11 | 5 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 〃 | 菅平 | 1,264 | 27 | 0 | 8 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 岐阜 | 白川山 | 496 | 70 | 8 | 33 | 2 | 9 | 1 | 5 | 0 |
| 〃 | 高朝 | 560 | 15 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 広島 | 大鉾 | 385 | 11 | 4 | 5 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 〃 | 八田 | 535 | 13 | 4 | 6 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 福岡 | 添部 | 82 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 〃 | 矢 | 335 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

備考：冠雪危険回数は，大雪回数のうち最高気温＋3°C以下，最低気温－3°C以上の気温状態で降る大雪の回数である。

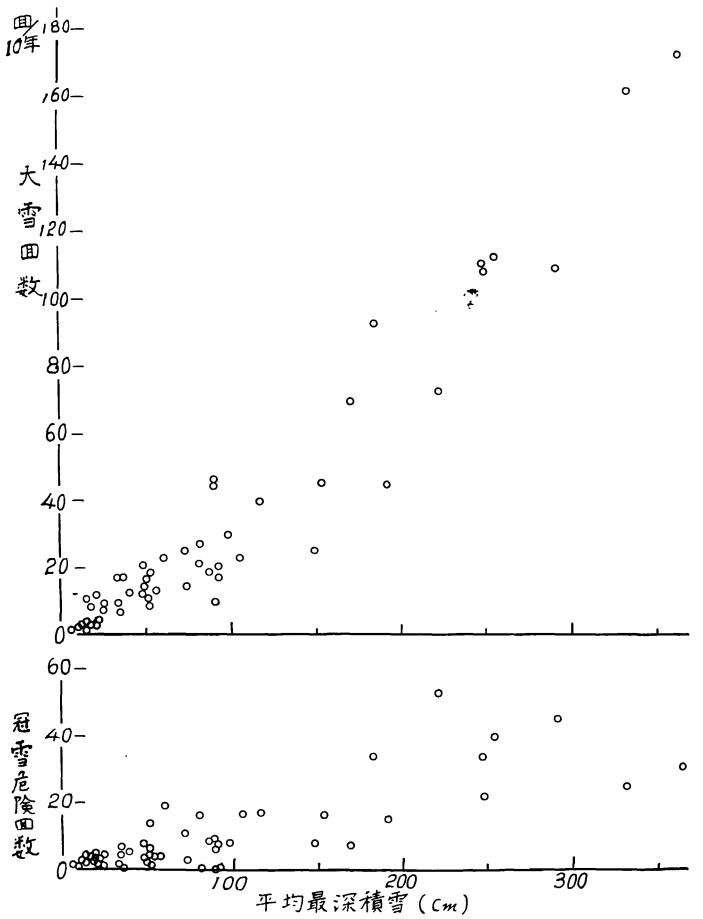
## 2. 冠雪危険気象の発生頻度

### 1) 大 雪 回 数

冠雪荷重により林木が被害を生ずるためには，まず，相当量の降雪があることが第1条件である。一時に降る雪の量は，1連続降雪期間あるいは1日を単位として，降雪量（降水量あるいは新積雪深），その期間の積雪増加深などであらわすことができるが，ここでは日積雪増加深を用い，積雪増加深がそれぞれ20，30，40，50cm以上の降雪回数の分布を調べた。

調査地点842か所のうち，おもなる地点の大雪回数を第2表に，また，日積雪増加深20cm 以上の降雪回数分布を第1図に示した。10か年に30回以上の回数のある地帯は，秋田県から福井県に至る日本海側の山地と兵庫県北部の一部である。そして新潟県南部から福井県に至る奥地では，100回以上におよぶ地帯がある。一方，太平洋側は5回以下の地点が大部分をしめる。

各地の最深積雪平年値と日積雪増加深20cm 以上の降雪の回数との関係は，第2図に示すとおりで，大雪回数は平年積雪の多い地帯ほど多い傾向があり，したがって，その分布は最深積雪の分布と非常によく似ていることが認められる。




第2図　大雪回数と冠雪危険回数（日積雪増加深20cm 以上，1953～1962年冬期）

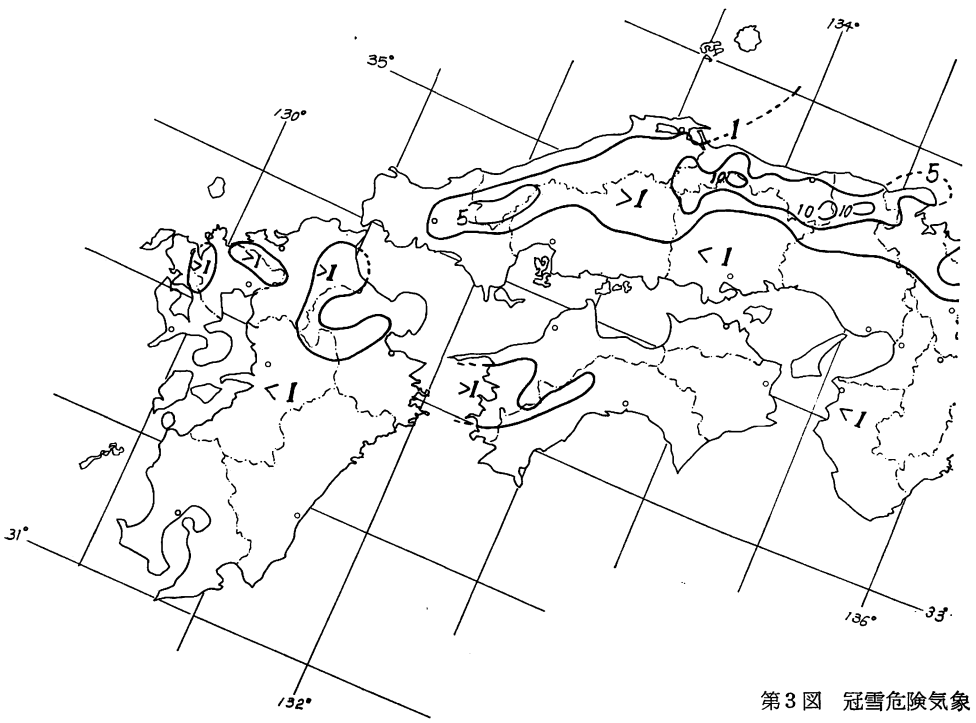
2)　冠雪の増大しやすい大雪の回数

冠雪が発達しやすい気象条件には，気温，日射，風などがあるが，ここでは，最高気温＋3°C以下，最低気温－3°C以上を冠雪に適する条件とし，前項の大雪回数のうち，この気温帯（以下冠雪発生気温帯と呼ぶ）の範囲で降る回数を求め，冠雪危険気象発生回数とした。おもなる地点の冠雪危険気象発生回数を第2表に，また，その分布を第3図（積雪増加深20cm以上の場合）に示した。

10か年間に1回も危険気象が発生しなかった地域は，東北地方太平洋側の一部と，関東地方以西の太平洋側の大部分であるが，関東地方の南部，四国西部，九州北部には1回以上の地帯がある。10か年に10回以上，すなわち，平均して1年1回以上危険気象が発生する地帯は，山形県から福井県に至る日本海側の諸県と中国山脈の一部にみられる。概観的には，多雪地方ほど危険気象発生回数も多いが，第2図でもわかるように，大雪回数の分布とはかなり異なった分布を示している。

各地方別に，大雪回数と冠雪発生気温帯（＋3°C～－3°C）で降る大雪の回数との関係を第4図に示した。高緯度，寒冷な東北地方では，青森県中津軽郡東目屋（図4－(1)）にみられるように，大雪回数中，冠雪発生気温帯以下の低温で降る回数が非常に多い。これに対して，低緯度の山陰地方では，冠雪発生気温帯より高い気温で降る大雪の割合が多い（鳥取県八頭郡若桜，図4－(4)）。両者の中間にある北陸地方平野部では，冠雪発生気温帯内で降る大雪回数の割合が非常に大きく（富山県伏木，図4－(2)），全大雪回数中70～80%はこの気温帯の範囲で降っている。しかし，この地方でも海抜高の高い寒冷地帯では，東北地方の場合と同じように，冠雪発生気温帯以下の気温で降る大雪の割合が多くなっている（岐阜県白川，図4－(3)）。

各地方ごとに，海抜高度別に，大雪回数に対する冠雪発生気温帯内で降る大雪回数の比率を求めると，




第3図　冠雪危険気象

Fig. 3　Distribution of the frequency of a heavy

おおよそ第5図に示すような傾向線が描ける。平野部における比率は，富山県が最大で，それより北および西に移るにしたがって，比率は小さくなる。海抜高との関係については，北陸地方以北では，海抜高が増すにつれて比率は小さくなるが，北陸地方以西では，逆に海抜高の増大につれて比率が大きくなる傾向がある。なお，第5図の青森県の傾向線は，太平洋側の地点を除いた地帯に対するものである。

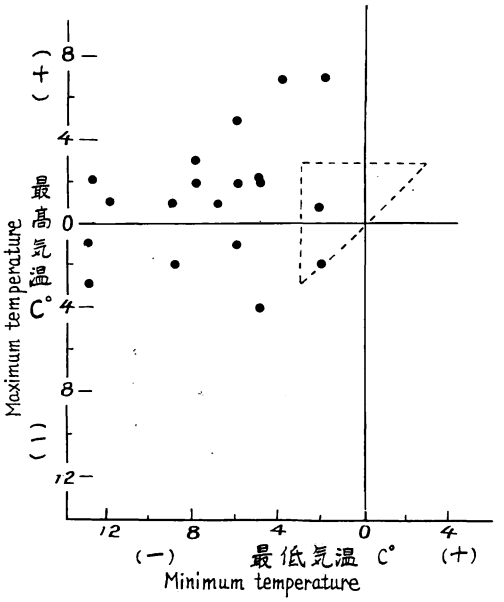
### 3. 林木の冠雪害危険地域

#### 1) 冠雪害危険度の地理的分布

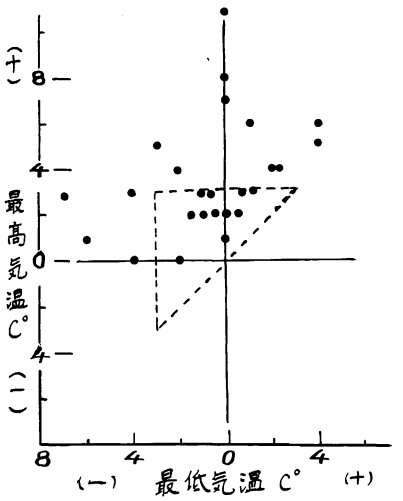
前項では，冠雪発生気温帯内で，日積雪増加深 20cm 以上に達する大雪の回数によって，気象条件のみからみた冠雪危険度の分布を求めたが，現実にはあらゆる林分が，日積雪増加深 20cm 以上の降雪で被害を生ずるものではない。前にも述べたように，同一の降雪量があっても樹種，品種，林況，生育環境などによってその抵抗性が異なる。冠雪害が発生する限界の降雪量については，高橋[17]，武田ら[13]が述べてい

発生頻度（1953～1962年冬期）

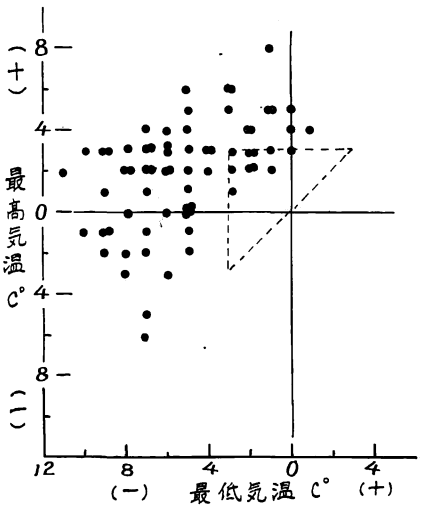
snowfall suitable for the enlarging of the snow crown (1953～1962).



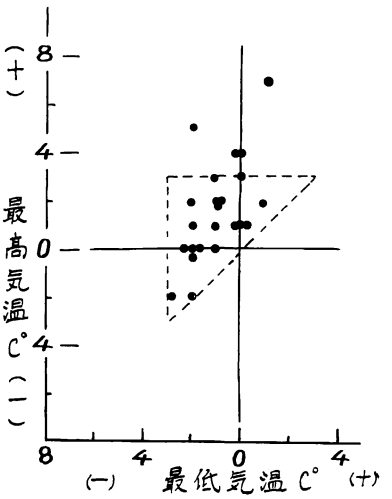

（1） 青森県中津軽郡東目屋，海抜85m
Aomori prefecture, Higashimeya,
85 m above the sea-level.




（2） 富山県伏木，海抜12m
Toyama prefecture, Fushiki,
12 m above the sea-level.



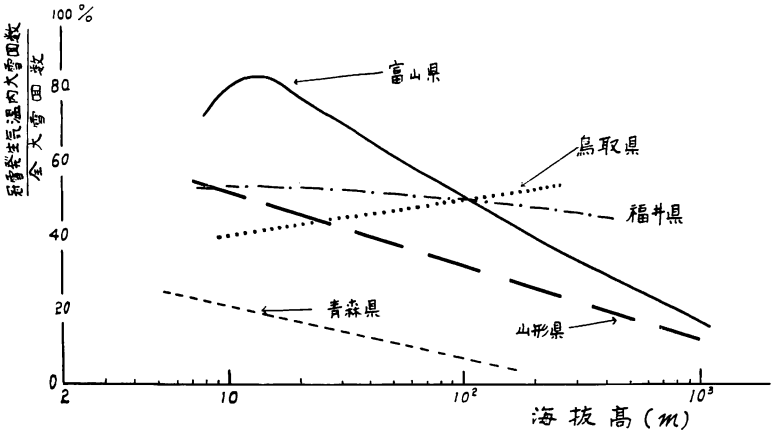

（3） 岐阜県白川，海抜 492m
Gifu prefecture, Shirakawa,
492 m above the sea-level.




（4） 鳥取県八頭郡若桜，海抜 215m
Tottori prefecture, Wakasa,
215 m above the sea-level.

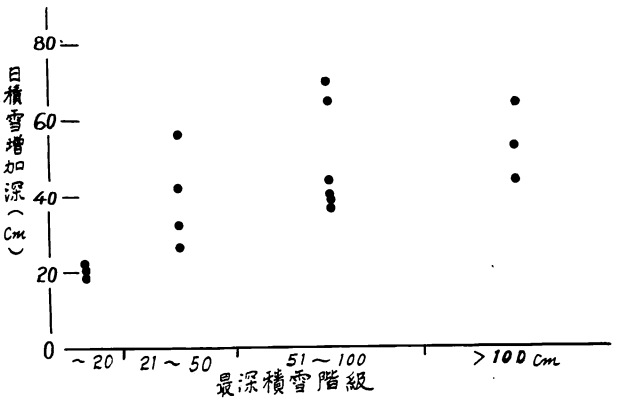
第4図　大雪時の気温（日積雪増加深 20cm以上）
Fig. 4　The air temperature in a heavy snowfall.

る，おおよそ30～40mmが一応の目安とは考えられるが，樹種，林況あるいは生育環境ごとにその限界値を求めうる資料は，現段階ではほとんどない。ここでは，既往の冠雪害発生林分の調査事例を参考にして，降雪量の限界値を日積雪増加深を指標として推定することとした。




第5図　冠雪危険降雪回数率（日積雪増加深 20cm 以上，1953～1962年冬期）

樹種・林況などについては，調査事例のほとんどすべてがスギ・マツ類であり，しかも樹種間の差を求めることは困難なため，これらを一括して考えることとしたが，生育環境については，地域により冠雪害が発生する降雪量の限度に差があるようである。1952年以降の冠雪害発生事例について，雪害発生時の日積雪増加深とその地帯の最深積雪平年値との関係を求めると第6図のとおりで，最深積雪の大きい地帯ほど，日積雪増加深の大きい降雪によって被害が発生していることが認められる。すなわち，平年積雪の多い地帯の林木は雪に対する適応性が大きく，多量の降雪によってはじめて被害が発生するのに対し，雪の少ない地帯では，逆に比較的少ない降雪によっても被害が発生しやすいものと考えられる。そこで少数の例からではあるが，最深積雪の平年値によって地帯区分を行ない，それぞれの地帯ごとに冠雪害が発生する最低限度の日積雪増加深を次ぎのように決めた。




第6図　冠雪害発生時の日積雪増加深
（1952年以降災害地調査より）

| 平均最深積雪（cm）による地帯区分 | ≦20 | 21～100 | ＞100 |
|---|---|---|---|
| 冠雪害危険積雪増加深　（cm/日） | ＞20 | ＞30 | ＞50 |

これを基準にして，先きに求めた冠雪危険気象発生回数のうち，各地帯ごとに基準積雪増加深以上の降雪の回数（たとえば，最深積雪 21～100cm の地帯では，積雪増加深 30cm 以上の回数）をその地帯の林木の冠雪害危険度とした。なお，冠雪害危険日が連続しておこる場合は，その1連続を1回とみなした。

林木の冠雪害危険度の分布を第7図に示した。危険度の最も高いのは北陸地方と中国山脈の一部で，危険度3（10か年間に3回林木の冠雪害の危険があったことを示す）以上であるが，その他の地帯はほとん

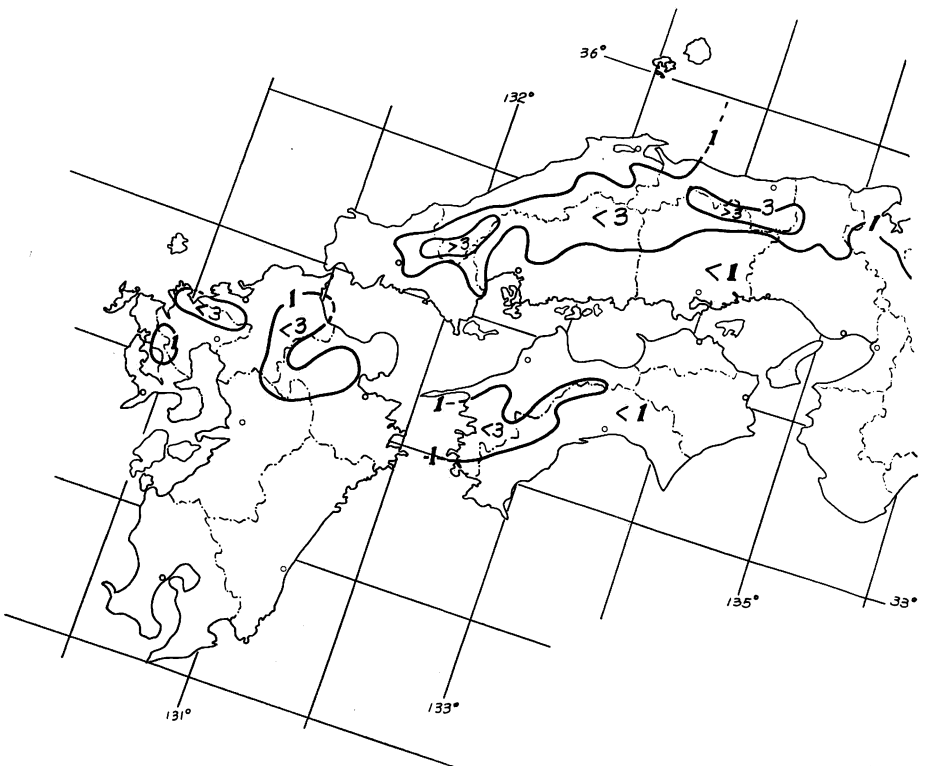
ど危険度2以下である。なお，全測定点842か所のうち，危険度0の地点は591か所であった。

つぎに，各地方の特徴的事項をあげると，東北地方では一般に冠雪害危険度は小さく，降雪量，最深積雪の大きい山形，秋田県でもほとんどの地域が危険度0である。危険度1以上の地域は，下北半島周辺の海岸地帯，宮城県仙台平野から阿武隈川ぞいに南西にのびる福島盆地を中心とする低山地帯，秋田県本荘以南の海岸地帯などで，いずれも平年の積雪が比較的少ない地帯である。内陸部の多雪地帯では，横手，山形など比較的海抜高の低い盆地状の地帯に，危険度1以上の地点が点在している。

北陸4県は最も冠雪害危険度の高い地域で，海岸よりやや内陸の里山地帯は危険度3以上を示し，とくに富山県東部および西部では危険度5以上に達する地域がある。しかし，本邦で最も多雪な山岳地帯では危険度は低く，福井，石川県境の山岳地の一部を除いては，せいぜい1～2の危険度を示すにすぎない。

北陸以西中国地方にかけては，中国山脈一帯に危険度1以上の地帯があり，海抜高の高い地帯では，山陰側のみならず，山陽側にも同様の危険性が認められる。最も危険度の高いのは，鳥取県千代川上流地帯および島根県匹見地方から山口県徳佐地方にいたる海抜250m以上の地帯で，危険度3を示している。なお，兵庫，鳥取両県では，海岸地帯にも危険度1の地域が分布するが，島根県以西では，海岸平野部の危険度は0である。

その他の地方で，比較的広い範囲に危険度1以上の地点が分布する地域は，関東，中部地方では，関東南西部，山梨県および群馬，長野両県の県境付近と，岐阜県西部にみられる。四国地方では，愛媛県南西部から愛媛，高知両県の県境の山岳地帯に，また九州地方では，福岡県東部と大分県北西部の山岳地帯および福岡・佐賀両県の県境など比較的海抜高の高い地帯にのみ危険度1以上の地帯が分布している。

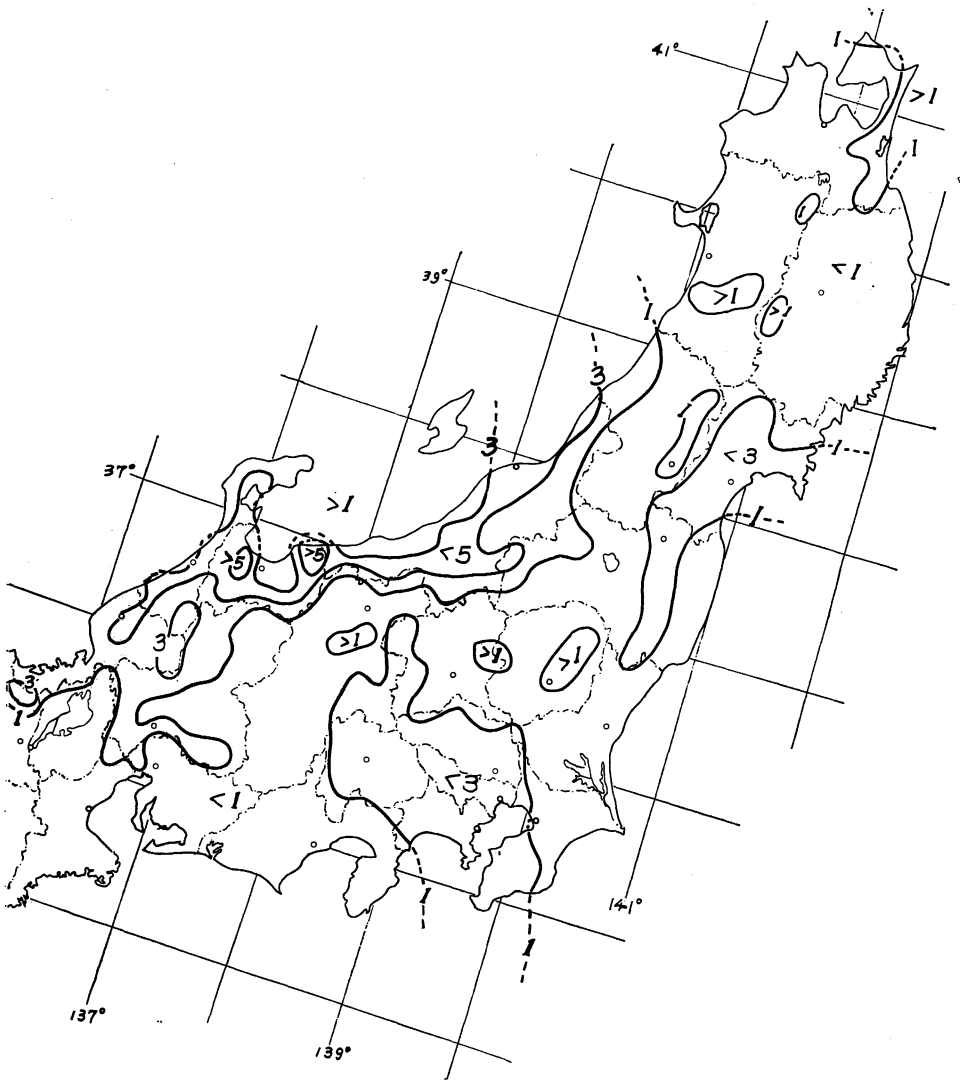



第7図　林木の冠雪害危険度
Fig. 7　Distribution of the danger zones

2） 冠雪害発生危険時の気圧配置

地上気圧配置と冠雪害発生危険区域との関係を求めるため，かなり多数の地点で同時に冠雪害の危険のある降雪があった時の地上天気図28例をえらび検討した。冠雪害発生危険時の地上気圧配置は冬期季節風，寒冷前線，南海低気圧，2つ玉低気圧の4つの型に分類できた。

季節風型は，本邦が大陸の高気圧と太平洋北部の低気圧の間にはさまれ，本邦付近では気圧傾度が急峻となる型で，日本海に面する各県や隣接県の県境に接した地方では大雪となることが多い。このうち，完全な西高東低の気圧配置で，大陸高気圧が日本海南部に張り出した場合には，北陸・山陰の内陸部や北九州山岳部では冠雪害の危険性が生じる。また，北西より南東に走る気圧傾度は急峻であるが，日本海に前

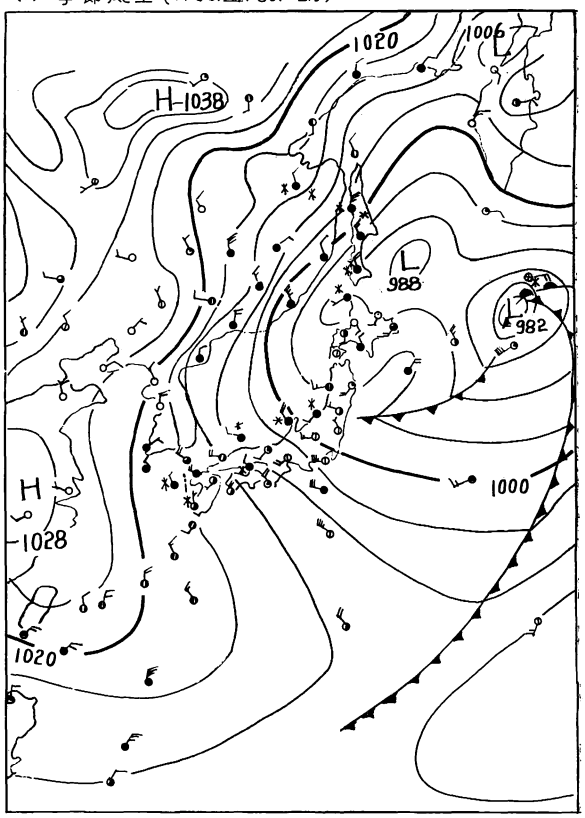



分布（10か年の冠雪害危険発生回数）
in the snow damage to forest trees by the snow crown.

線または小低気圧がある場合には，秋田県以西の日本海沿岸地帯の広範囲に冠雪害の危険性が発生する。第8図（1）は北陸地方の海岸平野部の広い地域にわたって冠雪害が発生した一例で，日本海で等圧線が袋状の走行となっていることが特徴である。季節風型によって冠雪害の危険が発生した回数は，28例中13回で最も多く，1月に10回，2月に2回，12月に1回であった。

寒冷前線型は，低気圧が樺太または北海道付近にあって，南西に走る寒冷前線が本邦を通過する場合である。この型で冠雪害の危険が認められた回数は4回でその地域は，鳥取県以西の日本海側高海抜地および飛騨地方（前線が本邦を通過中），東北，北陸地方内陸部および高知県北西部（前線が本邦を通過直後）および北陸地方内陸部（本邦が2条の前線にはさまれた場合）であった。月別発生回数は2月に2回，1月，3月にそれぞれ1回であった。

(1) 季節風型（1960.XII. 30. 2h）




第8図　冠雪害発生危

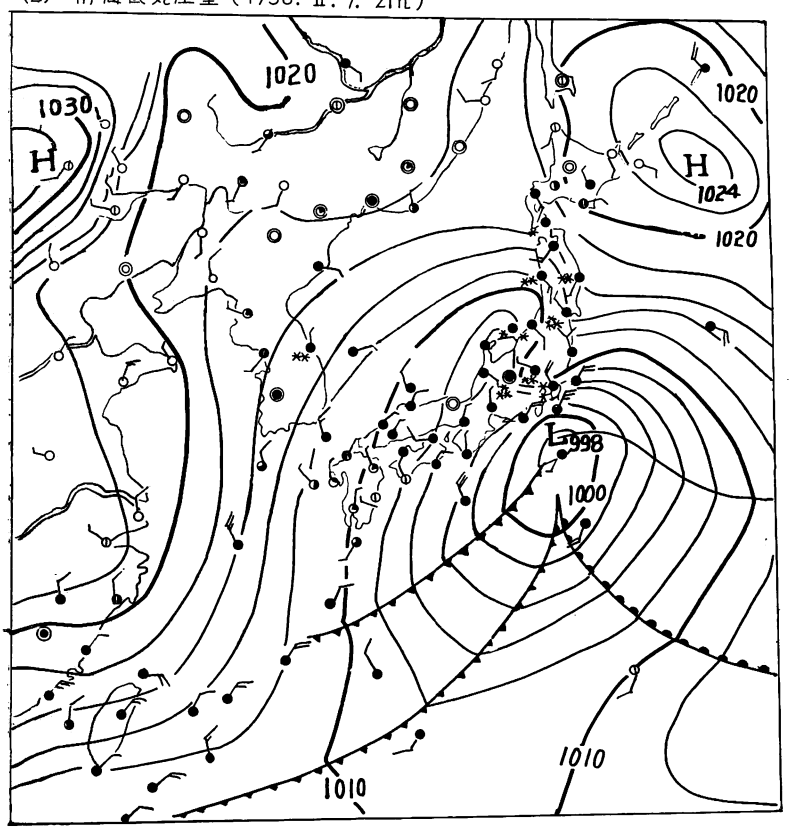
南海低気圧型は，低気圧が太平洋を東進し後方から高気圧が張り出してくる場合で，関東地方および東山地方は大雪になることがある。この型では，主として関東，東山地方および東北地方の太平洋側に，また近畿および九州地方の一部にも冠雪害の危険性が認められた。第8図（2）は，東山地方から東北地方の太平洋岸地域に冠雪害の危険が発生した一例である。この型の発生回数は2月に4回，1月，3月にそれぞれ3回，計10回であった。

2つ玉低気圧型は，太平洋と日本海に発生した2つの低気圧が平衡して東進する場合であるが，この型は調査したなかでは，甲信地方および青森県北東海岸に冠雪害の危険が発生した一例だけであった。

3)　冠雪害発生危険時の風向

冠雪と風の関係については，既往の冠雪害調査事例から，次ぎの2点が特徴的なこととみられる。まず，風速については，雪害発生時の風速は非常に小さく，単に冠雪荷重のみによって被害が生じたと思われる場合と，冠雪後，強風をともなって被害が助長される場合があるが，既往の調査では前者の場合が非常に多い。つぎに風向と被害の関係については，山地におけるほとんどすべての被害地は，風下斜面の中腹以下，しかも風当たりの弱い沢地形に分布していることが認められる。したがって，それぞれの危険地域ごとに，冠雪害発生時の風向を知ることができれば，その地域の冠雪害危険地形を判定することが可能と考えられる。

(2) 南海低気圧型（1958. II. 7. 21h）




険時の地上天気図

第3表 冠雪害危険時の風向

| 観測所＼風向 | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW | 無風 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 酒田 | | 1 | | | | | | | |
| 新潟 | 1 | 1 | | | 1 | | 1 | 3 | |
| 高田 | 1 | | | | 1 | | 2 | 4 | |
| 富山 | 1 | | 1 | | 1 | 2 | | | |
| 輪島 | | | | | | 2 | | 1 | |
| 金沢 | | | | | 2 | 3 | | 1 | |
| 敦賀 | | | | | 1 | | 1 | 3 | |
| 鳥取 | | | | 1 | | | 1 | 4 | |
| 米子 | | | | | 2 | | 4 | | |
| 福岡 | | | | | | 2 | | 2 | |
| 八戸 | | | 1 | | | 1 | | | |
| 仙台 | 1 | | | | | | | 2 | |
| 東京 | 2 | | | | | | | | |
| 甲府 | | | | | | 1 | 1 | | 2 |

備考：各観測所の近くに冠雪害の危険が発生したときの風向の回数で，28例の天気図気象表によって求めた。

風に関する連続的記録は，全国的にみて，他の気象資料にくらべて非常に少なく，しかも平野部や都市部に偏在している。そのうえ，風向，風速は大地形はもちろん局所地形によって極端に変化するものであるから，山地の風についての資料を求めることは困難である。したがって，ある地点の観測値をその地域の代表値とみなすことには問題はあるが，地域ごとの風向の概略をつかむために，冠雪害が発生したと推定される時刻に近い地上天気図気象表（気象庁，9時あるいは21時）によって風向を求め，第3表におもなる地点の風向の回数を示した。なお，冠雪害危険区域内に観測地点がない場合が多いので，区域外の近くの観測地点の資料を採用することが多かった。

冠雪害の危険がある時の風向は，その時の気圧配置からも大体推測されるが，第3表にみられるように日本海側では一般にNW風が多いが，北陸地方平野部の富山，金沢，輪島では，S～SW風の場合が多いことが注目される。このことについては，日本海側で冠雪害の危険が発生する気圧配置は，主として季節風型であるが，地形的な影響として若狭湾から能登半島にいたる南北に走る海岸線では，白山から能登丘陵を連らねた南北に走る高地が西寄りの風の障壁となって，下層ではS風に変わりやすく，また，富山県では県東部に3,000m の立山連峰が南北に走っているため，西寄りの風に対して決定的障壁となって，下層は南寄りの風となると説明されている[3]。なお，既往の冠雪害調査や昭和21～28年における富山県内で発生した電線路の被害報告[20]でも，やはり南寄りの風が多いことが報告されている。

その他東北，関東，九州地方などでは，各地とも大体N～W風が多いことが認められる。

風速については，各地ともおおむね 5 m/s 以下で，とくに山梨県地方では風速が小さい傾向が認められる。

## Ⅲ　総　　括

1)　危険地域判定方法についての検討

ここに用いた気象資料の採取期間は1953～1962年の10冬期間であって，林木の生育期間に対しては短い期間であり，また，冠雪害危険頻度は，単に10か年間に発生した危険回数をそのまま危険度1，2，……として表わしたにすぎないが，わが国の雪の周期として提案されている9年あるいは11年にほぼ相当する期間であるので，地域ごとの冠雪害危険度の比較に対しては，一応大きな誤りはないものと考えられる。

冠雪害危険地域の判定方法については，まず第1に，林況因子を無視して，冠雪が増大しやすい気象発生頻度（冠雪危険気象発生頻度）を求め，つぎに地域ごとの林木の雪に対する適応性を考慮して，冠雪害の発生に必要な降雪量の最低限度を推定し，これを基準にして，林木の冠雪害危険地域を判定することとした。

冠雪害の発生に関係する気象因子には，降雪量，気温，日射，風などがあるが，主要な因子である降雪量と気温を採用した。冠雪が発達しやすい気温状態を＋3°C～－3°Cの気温帯としたことは，実験的にもまた，既往の冠雪害調査事例からみても，妥当な基準と考えてよいであろう。一方，降雪量については，冠雪量は降雪時の気象状態のほか，樹種，品種，林況，地形などにより変化し，さらに冠雪量に対する被害の発生は，樹種，品種，林況あるいは生育環境によって変化するので，冠雪害危険降雪量の限度を求めることは，非常に複雑である。したがって，この報告では，既往の冠雪害林分の調査結果を参考にして，調査例の多いスギ，マツ類をおもなる対象とした冠雪害危険降雪量（ここでは日積雪増加深を採用）の最

低限度を推定した。なお，この最低限度の降雪量は，林木の生育環境によって異なる傾向が認められるので最深積雪平年値を指標として環境区分を行ない，それぞれの地域ごとに危険降雪量を推定した。このように降雪量についての基準には，なお不十分な点も多いが，一応上記の方法によって，冠雪害危険地域の判定を試みた。したがって，今後，より適当な基準が求められることによって，この危険地域分布に修正が加えられるであろう。

つぎに，危険地形については，既往の冠雪害調査事例から，風下側斜面の中腹以下の沢地形にとくに被害が集中することが認められるので，冠雪害発生危険時の風向の風下斜面をその地域の危険地形とみなした。しかし，風についての資料は少なく，かつ，風向は大地形，小地形による差が著しいので，ここに求めた危険地形は，単にその地域の概略的な傾向にすぎない。今後現地の地形，風向などからみた危険地形の解明が必要であろう。

以上の諸仮定によって求めた冠雪害危険地域，地形について，地方ごとに総括すると次ぎのとおりである。

2)　地方別危険地域・地形の特性

冠雪害の発生に最も関係の深い大雪の降り方とその時の気温状態について，一般的な傾向をみると，大雪回数（ここでは日積雪増加深 20cm 以上を採用）は，平年の最深積雪の深いところほど多く，したがって，その地理的分布は，最深積雪の分布と類似している。しかし，冠雪発生気温帯内で降る大雪回数の分布は，最深積雪の分布とはかなり異なっている（第3図，第2表）。その理由として，大雪回数のうち，冠雪発生気温帯内で降る大雪回数のしめる割合が，地方によって異なることがあげられる（第4図）。この割合の最も大きい地帯は，日本海側では，北陸地方の北緯 36～37 度付近の平野部であって，これより高緯度では，冠雪発生気温帯よりも低い気温で降る大雪回数の割合が多くなり，その傾向は，海抜高が増せばさらに大きくなる。逆に，緯度が低くなると，冠雪発生気温帯よりむしろ高い気温で降る大雪回数の割合が多くなる。しかし，低緯度地方でも海抜高が比較的高い地帯では，冠雪発生気温帯内で降る大雪回数の割合はかなり大きい。

かくして求めた冠雪危険気象発生回数を，林木の雪に対する適応性を考慮して，地域ごとに推定した冠雪害発生に必要な最低限度の降雪量によって修正したものが，林木の冠雪害危険回数であって，その地理的分布は，第7図に示すように，概観的には，北陸地方の里山地帯が最も危険度の高い地域であり，中国地方山岳部がこれに次ぎ，比較的積雪の多い東北地方に冠雪害の危険が少ないことが著しい特徴として認められる。

最も危険度の高い北陸4県では，海岸よりやや内陸の里山地帯は，危険度3（10か年間に発生した冠雪害危険回数）以上を示し，その他の地帯もほとんどすべて危険度1以上の地帯である。この地方における冠雪害発生危険時の気圧配置は，ほとんどすべて季節風型であるが，沿岸・里山地帯に危険が発生する場合は，日本海に前線または小低気圧があり，等圧線が日本海で袋状に走行することが特徴としてあげられる。このような場合，風向はＳ～ＳＷとなり，とくに，富山・石川両県ではその傾向が著しい。したがって，この地方の里山地帯では，風下側のＮ～ＮＥ向き斜面は，とくに冠雪害の危険の高い斜面と推定される。

北陸地方についで危険度の高い地域は山陰地方で，鳥取県千代川上流地帯および山口・島根・広島3県の県境付近の山岳地帯では危険度3の地域がある。この地方では高海抜地帯に危険度が高く，海岸平野部

では危険度が低い。とくに島根県以西の海岸平野部では危険度0である。なお，山陽地方では，北部山岳地帯では危険度1以上を示すが，瀬戸内地方は危険度0である。山陰地方の冠雪害発生危険時の気圧配置は，一部寒冷前線型の場合もあるが，大部分は季節風型である。風向はNW～Wが多く，したがって，この地方の危険地形はＳＥ～Ｅ向き斜面と推定される。

東北地方は，一般に冠雪害危険度は低く，危険度1以上の地帯は，日本海側では，秋田県本荘以南の海岸地帯，内陸部では，横手，山形など盆地状地帯，太平洋側では，下北半島周辺の海岸地帯，宮城県仙台平野から阿武隈川ぞいに南西にのびる福島盆地を中心とする低山地帯であって，いずれも海抜高の低い地帯である。平常積雪の多い地帯あるいは高海抜地帯に危険度が低いことが特色である。なお，北海道については解析しなかったが，このことから考えて，東北地方よりも高緯度で，気温が低い北海道における冠雪害の危険性はさらに少ないものと想像される。

東北地方の冠雪害発生危険時の気圧配置は，日本海側と太平洋側では全く異なり，前者では季節風型が大部分で，一部寒冷前線型であるのに対し，後者では，南海低気圧あるいは2つ玉低気圧である。しかし冠雪害発生危険時の風向は，両者とも大体NW方向とみてよいであろう。

関東以西の太平洋側および九州地方では，危険度1～2の地帯が点在するが，比較的広範囲に危険が存在する地域は，本州では，関東地方南西部から甲信地方に至る地帯と岐阜県西部地方である。前者では，主として南海低気圧が太平洋を東進する場合に危険が発生するが，甲信地方では，2つ玉低気圧，寒冷前線型の場合にも危険が認められる。なお，甲信地方の危険発生時の風速は非常に小さい場合が多い。後者では，寒冷前線型のほか，若狭湾から吹走する季節風型の降雪によっても危険が発生している。これらの地帯でも冠雪害発生危険時の風向は，NW方向が多いようである。

四国地方では，愛媛県西部から愛媛，高知両県県境の山岳地帯に，また，九州地方では，九州北部の山岳地など海抜高の高い地帯にのみ危険度1～2の地帯が分布している。これらの地方では，顕著な季節風型の気圧配置の場合に危険が発生することが多いが，寒冷前線型の場合にも危険が発生している。危険時の風向は両者ともNWを中心とした風向が多い。

危険地形については，前にも述べたように，冠雪害発生危険時の風向の風下斜面を危険地形として，地方ごとの概略的傾向を求めたにすぎないが，既往の冠雪害調査事例を総括すると，最も冠雪害の危険性の高い地形は，風下斜面の中腹以下の風当たりの弱い沢地形や凹地であって，海岸林や平地林では被害はかなり少なく，風上斜面や峯部では被害はほとんど無いと考えられる。

冠雪害防止のための森林の取扱いについては，既往の冠雪害調査や実験的研究[14]において種々提案されているが，これらの実行に，あるいは，林業経営に対する参考資料として，以上求めた冠雪害危険地域の分布が利用されれば幸いである。なお，しばしば述べたように，冠雪害の危険性は危険地域に一様に分布するのではなく，その地域内でも，いわゆる危険地形にとくに集中して被害が発生する。したがって，冠雪害に強い林分構造の研究とともに，現地における具体的な危険地形についての解明および危険地形にも採用されうる冠雪害に強い樹種，品種についての調査研究が，今後必要と考えられる。

## 文　　献

1) 平田種男・堀田雄次：千葉県演習林の風雪害に就て—昭和26年2月14～15日—，東大演習林，8，pp. 45～55，(1951)

2) 細井　守・本田健二郎：モリシマアカシアの雪害と林分構造，林分生長量測定試験地の調査報告，日本林学会誌，**44**，6，pp. 188～195，(1962)
3) 福田喜代志：日本の大雪（3），雪氷，**23**，4，pp. 115～123，(1961)
4) 井上由扶・柿原道喜：粕屋演習林における冠雪被害林の研究，九大演習林集報，9，pp. 1～27，(1958)
5) 伊藤陳重：酒田地方海岸クロマツ林の雪害について，62回日本林学会大会講演集，pp. 172～173，(1953)
6) 岩城敬治：4月中旬の晩雪と院内地方の森林の被害，森林治水気象彙報，3，pp. 114～116，(1924)
7) 鎌田一美：スギの雪害について，青森林友，8，pp. 17～18，(1953)
8) 河田　杰・佐多一至：あかまつ・くろまつ人工植栽林の雪害調査，林業試験場彙報，27，pp. 1～36，(1929)
9) 中野　徳：竹林の雪害，森林治水試験彙報，20，pp. 95～99，(1944)
10) 中野　徳：積雪と造林木（5），雪害木（2），雪氷，**10**，4，pp. 116～119，(1948)
11) 大内　力：アカマツ林の雪害について，青森林友，46，pp. 56～58，(1952)
12) 林業試験場防災部雪害研究室：冠雪の研究（第1報），林試研究報告，54，pp. 115～154，(1952)
13) 林業試験場防災部風雪研究室：昭和31．1．9～10日北陸地方に発生したスギ造林地の雪害調査報告，昭和31年北陸並びに本州中部地方に発生した森林の気象災害調査報告，林野庁，pp. 1～58，(1957)
14) 四手井綱英：雪圧による林木の雪害，林試研究報告，73，pp. 1～89，(1954)
15) 清水　洋：小根山見本林における雪害の状況，山脈，**12**，10，pp. 4～9，(1961)
16) 杉山利治・佐伯正夫：昭和35年12月末の大雪による北陸地方の森林の冠雪害調査報告，林試研究報告，154，pp. 73～95，(1963)
17) 高橋喜平・塩田　勇：昭和24年2月14日山口県阿武郡川上村に発生したスギ造林地の風雪害調査報告，林業試験場集報，62，pp. 1～36，(1952)
18) 高橋敏男：冠雪による林木の被害—機構とその分析—，雪と生活，**5**，5，pp. 22～28，(1953)
19) 玉手三棄寿・山田昌一：昭和7年11月14・15日の颱風に因る森林の風雪害調査報告，東京営林局，pp. 69，(1933)
20) 鉄道電化協会電線路雪害対策研究委員会：電線路の雪害対策研究報告—5，鉄道電化協会，pp. 55～100，(1953)
21) 渡辺成雄・大関義男：冠雪の研究（第2報）スギの冠雪比較実験，林試研究報告，169，pp. 121～139，(1964)

---

**Danger Zone in Snow Damage to Forest Trees by the Snow Crown.**

Masao SAEKI and Toshiharu SUGIYAMA

(Résumé)

This report deals with the distribution of danger zones in snow damage to forest trees by the snow crown on trees in Japan.

The young trees which are buried under the snow are very susceptible to snow damage caused by the settling force and creeping pressure of snow, and the danger increases mainly in proportion to the depth of the deposited snow. On the other hand, the trees which have grown to a height over the snow surface are in danger of stem bending or breaking by the snow crown weight. Such damage occurs occasionally when it snows heavily at one time in

some bad weather condition, but it does not necessarily follow that the trees in the deep snowy area are frequently in danger of snow damage by the snow crown.

We attempted to determine the distribution of the danger zones in the snow damage by the snow crown, to study appropriate forest management for preventing snow damage by the snow crown weight. We examined the frequency of the danger in the snow damage by the snow crown in each district with reference to past studies of the snow crown on trees, utilizing meteorological data of ten winter seasons (1953～1962).

The method and results of the examination are as follows :

1. The enlarging of the snow crown on the trees is conditioned upon the snowfall being heavy and long, that is to say, the intensity and duration. We examined the frequency of heavy snowfalls by which a daily increase of the snow depth amounts to more than 20 cm. As shown in Figure 1, the frequency distribution of heavy snowfalls is similar to the distribution of the maximum snow depth in the normal year.

2. Besides the amount of snowfall, the weather condition — mainly air temperature and wind — and the form of tree crown have an influence upon the pronounced enlarging of the snow crown. From past studies, we assumed that the snow crown on trees grows large and heavy when it snows heavily in the air temperature within +3～−3°C, and we examined the frequency of heavy snowfalls in the aforesaid air temperature belt.

The ratio of the frequency of heavy snowfalls in the air temperature (+3～−3°C) conductive to the enlargement of the snow crown to that of heavy snowfalls is changeable in each region. In the plain area of Hokuriku district which is situated in lat. 36～37°N, the ratio is the highest, and in the higher latitudes, a heavy snowfall is apt to fall in lower air temperature than in the aforesaid temperature belt, whereas in the lower latitudes, it is apt to fall in temperatures higher than that (see Figure 4).

Therefore, the frequency distribution of heavy snowfalls by which the snow damage is apt to be caused, differs considerably from the distribution of the frequency of heavy snowfalls, consequently, the distribution of the mean maximum snow depth.

3. The frequency distribution of the meteorological condition in which the snow crown is apt to grow large and heavy is shown in Figure 3. The damage to trees, however, is influenced by the weight of snow crown and the resistance of tree stem against the above weight. The latter is changeable according to the species, stand condition and the site condition in which the trees are growing. For example, the registance of tree against the snow in the deep snowy region is larger than in the light snowy region.

In consequence, in this paper, the amount of snowfall (expressed in a daily increase of the snow depth) conducive to causing snow damage to trees — mainly Japanese cedar — was fixed respectively in each region, according to the mean maximum snow depth in these regions. We assumed that the damage to trees occurs when a heavy snowfall which is of more than the value fixed respectively in each region falls in the aforesaid meteorological condition.

The distribution of the danger zones in the snow damage to forest trees by the snow crown is shown in Figure 7. Hokuriku district is in most danger of snow damage, and in some areas the frequency of the danger amounts to more than three times in the ten years. In the Tohoku district where the snow depth in a normal year is relatively deep, the danger degree of the snow damage is small, and the danger zones tend to distribute only in low altitudes. The danger of snow damage also exists in other districts where the snow is light and the air is

relatively warm in a normal year.

4. The damage to trees by the snow crown does not occur uniformly in the danger zone. From the past studies, it is recognized that almost all damage occurs on the leeward slopes, especially valley sides. Therefore, we presumed the hazard plot in each district by investigating the wind direction at the time of danger of the snow damage.

Most wind directions at the time of danger in Japan are N～W, but in the plain forest in Hokuriku district where the danger is most frequent, the wind directions are S～SW. Although we were able to define the outline of the general hazard plot in each district, analyzing of the local hazard plot on the spot for forest management is necessary, because the wind direction is changeable by the local topography.