

# 寒 害 防 止 試 驗

## 1 試験担当者

坂口勝美(前場長)

造林部長：加藤善忠

防災部長：川口武雄

造林部：石崎厚美(退官)，土井恭次(北海道支場)，坂上幸雄，森徳典

防災部：井上桂，佐藤正(退官)，岡上正夫，本木茂，佐々木長義，高橋亀久松，笹沼たつ，牧村翠(退官)

北海道支場：高橋勇(木曾分場長)，渡辺喜夫，鍛田丑之助(物故)

東北支場：森下義郎(関西支場)，古川忠，貴田，大鹿穂，小島忠三郎，

関西支場：早稲田収，鈴木健敬，齊藤勝郎

四国支場：安藤貴，齊藤明

九州支場：早斐原一郎，徳重陽山，尾方信夫，高木哲夫，長友安男，塚原初男，上中作次郎

## 2 試験目的

### (1) 試験をとりあげた背景

戦後の林力増強計画によって、造林事業が拡大するに伴ない、國・公・私有林をとわず、寒害の発生が著しくなってきた。とくに、昭和27，31，35年は、全国的に大規模な発生をした年となった。

このため、国有林をはじめ、被害鑑定の依頼が多くなるとともに、公立林試からの問合せも殺到するようになった。しかし、寒害に対する知識が十分でなく、地域間の情報交換も不円滑なため、組織的に対処できず、一日も早く、試験研究を推進することが望まれた。

これらは、国有林をはじめ、林業関係諸機関、大学、研究機関が一堂に会する、林業試験研究協議会で、再三にわたり切実な要望として提起され、ついに林業試験場で全場的規模のもとにとりあげるべき課題であるとの結論に達し、昭和38年度より試験研究が開始された。

### (2) 試験目的

主要造林樹種における寒害の実態を明らかにすると共に、被害発生の機作を解明し、被害を未然に防止するため、寒害発生立地区分を画定し、これに応じた防止法の基礎試験を実施し、実用的防止技術確立への橋渡しをすることを目的として行なった。

### 3 試験の経過とえられた成果

#### (1) 試験の経過

本試験は、前後7カ年にわたり実施してきたので、この間をいくつかの期間におけることができる。

a 準備期間 昭和37年1月より、坂口造林部長を中心に問題点の検討に入り、既往の研究抄録とその検討をした。ついで、2月に地域別寒害の特性・研究対象の整理、研究項目の組立て案をつくり、2月9日、それまで先駆的に寒害の研究を実施してきた九州支場の甲斐原支場長・徳重室長を交え、

(i) 九州での寒害の実態と支場研究の内容

(ii) 2月9日の研究項目組立て試案の検討

(iii) こんごの進め方

を討議した。

これにより、本場造林部長をP. L. とし、本場造林部、防災部、保護部、土壤調査部、北海道支場、九州支場が共同して研究に当ることとなった。

#### b 前期(37年～39年度)

この期間は、各担当区域の寒害の実態把握に力を注ぐとともに、北海道、九州両支場のように、既に実態は相当程度明らかにされてきたところは、発生の機作解明に努力した。

本場では、とくに、国有林、県、公立林試と提携し、37年6月第1回の現地検討会を静岡県下で実施、東京・前橋両官林局、沼津・静岡両官林署、関東中部の関係県林試の係官が集まり、貴重な意見交換ができた。

ついで、冬季、寒害が発生している現場で検討するため、本場研究グループが、38年2月末に、中之条官林署にて、研究分担、研究計画を具体的に討議した。

これに基づき、38年度、39年度(ただし、38年度は大きな被害はなかった。)に試験地を設定し、冬季の定期観測を実施した。

39年度は、東北支場が、とくに岩手県等現地の要望にこたえ、本グループに参加し、東北地方の寒害の実態に当ることとなった。

#### c 後期(40年～43年度)

前期3カ年を通じ、各地域の寒害の実態が明らかになると同時に、発生の機作の解明が必要になってきた。すなわち、被害症状から加害条件を判断し、発生時期、発生の仕組を明らかにすることは、防除法をあみだす上から必要なことであるからである。

このため、40年5月、本場、北海道、東北、九州の3支場担当官が茨城県、群馬県で現地検討会を開催した。

41年度からは、関西支場が地元の要望にこたえて、本研究に参加、四国支場を除く、全支場の参加を得た。

この年、東北地方の寒害とくに寒風害の実態が、関東以西と若干異なる要因のあることに気付き、5月下旬岩手県下で、参加本支場員が集まり現地検討会をひらいた。

ついで、最終年度には、残る四国支場が、高知官林局管内国有林および民有林の寒害報告を蒐集、現地調査をし、資料を本研究グループに提出し、研究に参加することとなり、ここに全国的に調査研究の網をはることが可能となった。

寒害の実態は、このため相当程度明確になり、また、各種実験から機作の解明が進んだが、防止法の開発については、この期間に、十分なまでの段階に到達することができなかった。

それは、大面積の一斉皆伐作業では、寒害防止はほとんど不可能に近い状態になってしまふからである。このことから、国有林においても、保護樹帯の設定、とくにその密度を高めること、あるいは、保残木作業や、下木植栽の機運が醸成されてきた。

よって、本格的防止試験は、44年度から新規に実施することとし、一応、この試験に終止符を打たせ、これまでの成果をとりまとめることとしたわけである。

#### (2) 試験の成果

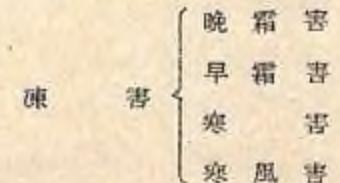
##### a 寒害の分類

寒害の名称は、必ずしも統一されてなく、その分類も区々である。主なものを列挙するとつぎのとおりである。

(i) 林学用語選定原案(1953)

寒さの害、しみの害 (定義はない)

(ii) 今田敬一(1958)



(iii) 森林国営保険法第2条(1960)

凍害

(vi) 四国地方 従来主要林木の寒害についてほとんど報告をみなかつたが、中央脊梁山脈を中心に発生していることがわかつた。

すなわち、寒風害は、海拔800～1000mの地帯に集中し、大部分が北面または北西面の21～30度の斜面に発生している。

凍害は、海拔600～700mの南面で、21～30度の斜面上部または尾根筋にみられた。

(vii) 九州地方 昭和31～36年にかけて、このグループにとって、先駆的な研究がなされており、当地方の全ほうはおおよそつかみえている。

すなわち、福岡・佐賀両県にかけこの筑紫山系や、九重、阿蘇、中部山岳地帯の標高700m以上の北西斜面では、スギ、ヒノキの寒風害が多く発生する。

また、九重、阿蘇、霧島山周辺や、熊本、鹿児島、宮崎、大分各県境界山地には、スギの凍霜害が多発している。

## ○ 寒害発生と環境因子

### (1) 寒風害

(i) 気象要因 寒風害は、冬季、降水量が少なく、かつ低温のため、樹体内部の水分移動が円滑でなくなってきた時に、季節的に乾いた風にさらされ、枝葉から強制脱水されて起る被害といえる。

このため、土壤が深く凍結するばあいは、被害が大きくなる反面、土壤が凍らず、風をうけない斜面は全く被害をうけない。この土壤凍結は積雪と深い相関がある。結局、寒風害は水分收支と深い関係があるので、冬季の降水量と被害量とには高い相関がある。図-1は、12月～2月の3ヶ月降水量との関係を示したものである。

前橋営林局管内の寒害被害面積は、前橋での1月の降水量と高い相関があり、これが40mmをわると相当大きい被害になることがわかつた。(図-2)

また茨城林試によれば、水戸の1月の降水量が100mm以上なら寒害は発生せず、40～50mmで多くなり、20mm以下では大被害になるといつてある。(表-1)

風に対しては、実験的に、風と樹体含水率の減少との関係は当グループでは明らかに出来なかつた。これは低温風洞がないからである。

しかし、群馬県林試での実験では、風をあてれば当然蒸散量は増大するが、このさい一定の風速では、ある程度まで蒸散が増大したのちは、漸減するが、風を断続的にあてると蒸散量は増大すること、根の周囲の温度が低温になると蒸散量が多くなることなど、新らしい知見を提供してくれた。

積雪量の少ない處では、土壤凍結がきびしく、期間は11月下旬～4月下旬まで、土壤凍結がはじまってから1カ月後の1～2月に寒風害が発生する。本州と異なる点は、雪の関係で、積雪量の少ない南面が多いといわれている。

昨今、正當な寒風害と異なり、季節風の影響のない地点で、凍害でなく乾燥害によって枯死する現象が多く発見され、一応乾寒害と仮称して、その現象解明に努力してきた。

晩霜害については、北大農学部林学科でのトドマツを中心とした成果がはやくから公表されており、本州と同じく、凹地形や台地状地形、または斜面下部などにみられる。

樹種はトドマツが最も被害が大きいが、カラマツ、エゾマツにも発生する。

(ii) 東北地方 表日本側に多く発生する。奥羽山系の低地部と北上山系に多い。北上川に沿った低地部では積雪が少なく、土壤凍結も深く、平野部でも寒風害が発生する。

スギの寒風害が主体であるが、岩手県北部では、アカマツの寒風害もみられる。また凍害と寒風害とが併発するばわいもある。福島県では、朝日、磐梯山地から福島・郡山盆地へかけての山地と、阿武隈高地とに、スギヒノキ寒風害が多く発生している。

(iii) 関東地方 阿武隈高地南部、八溝山地などの茨城県北部から、栃木県北部の足尾山地、帝釈山地、さらに、群馬県の三国山地、埼玉県から神奈川県にかけての関東山地は、関東平野をとりまく山系であるが、これらのうち、冬季積雪が少ないと、全くない山間部では、スギ、ヒノキの寒風害がしばしば発生している。標高はおよそ300m以上で、積雪が50cm以下の部分に多く、斜面の方位は北東～北～北西面が大部分である。

関東平野部は、スギの凍害が著しい。とくに茨城県南部から千葉県北部へかけての常緑台地や、栃木県の関東平野の北部に多く見られる。

また前記山間部の、低凹地、斜面下部、一部の南斜面には、スギ、ヒノキの凍害が発生している。

(iv) 中部地方 静岡県では、富士山南西山麓の、富士宮市、吉原市、裾野町などに、ヒノキスギの寒風害が発生しやすく、山梨県でも、スギ、ヒノキの寒風害が多い。

長野県では、カラマツを主とする凍霜害が多く、八ヶ岳山麓、浅間山麓、伊那谷、木曾谷での事例がある。愛知県では、昭和31年、額田、東加茂、北設楽、南設楽4郡に凍霜害発生の事例がある。

(v) 近畿地方 事例報告は少ないが、調査が進むにつれ、次第に発生地域が明らかになってきた。すなわち、京都府南部、奈良県など、日本海沿岸の影響がなくなる地区に寒風害が発生している。

(vi) 四国地方 従来主要林木の寒害についてはほとんど報告をみなかつたが、中央脊梁山脈を中心発生していることがわかつた。

すなわち、寒風害は、海拔800～1000mの地帯に集中し、大部分が北面または北西面の21～30度の斜面に発生している。

凍害は、海拔600～700mの南面で、21～30度の斜面上部または尾根筋にみられた。

(vii) 九州地方 昭和31～56年にかけて、このグループにとって、先駆的な研究がなされており、当該地の全ぼうはおおよそつかみえている。

すなわち、福岡・佐賀両県にかけこの筑紫山系や、九重、阿蘇、中部山岳地帯の標高700m以上の北西斜面では、スギ、ヒノキの寒風害が多く発生する。

また、九重、阿蘇、霧島山周辺や、熊本、鹿児島、宮崎、大分各県境界山地には、スギの凍霜害が多発している。

#### ○ 寒害発生と環境因子

##### (1) 寒風害

(イ) 気象要因 寒風害は、冬季、降水量が少なく、かつ低温のため、樹体内部の水分移動が円滑でなくなってきた時に、季節的に乾いた風にさらされ、枝葉から強制脱水されて起る被害といえる。

このため、土壤が深く凍結するばあいは、被害が大きくなる反面、土壤が凍らず、風をうけない斜面は全く被害をうけない。この土壤凍結は積雪と深い相関がある。結局、寒風害は水分収支と深い関係があるので、冬季の降水量と被害量とには高い相関がある。図-1は、12月～2月の3ヶ月降水量との関係を示したものである。

前橋営林局管内の寒害被害面積は、前橋での1月の降水量と高い相関があり、これが40mmをわると相当大きい被害になることがわかつた。(図-2)

また茨城林試によれば、水戸の1月の降水量が100mm以上なら寒害は発生せず、40～50mmで多くなり、20mm以下では大被害になるといつてある。(表-1)

風に対しては、実験的に、風と樹体含水率の減少との関係は当グループでは明らかに出来なかつた。これは低温風洞がないからである。

しかし、群馬県林試での実験では、風をあてれば当然蒸散量は増大するが、このさい一定の風速では、ある程度まで蒸散が増大したのちは、漸減するが、風を断続的にあてると蒸散量は増大すること、根の周囲の温度が低温になると蒸散量が多くなることなど、新らしい知見を提供してくれた。

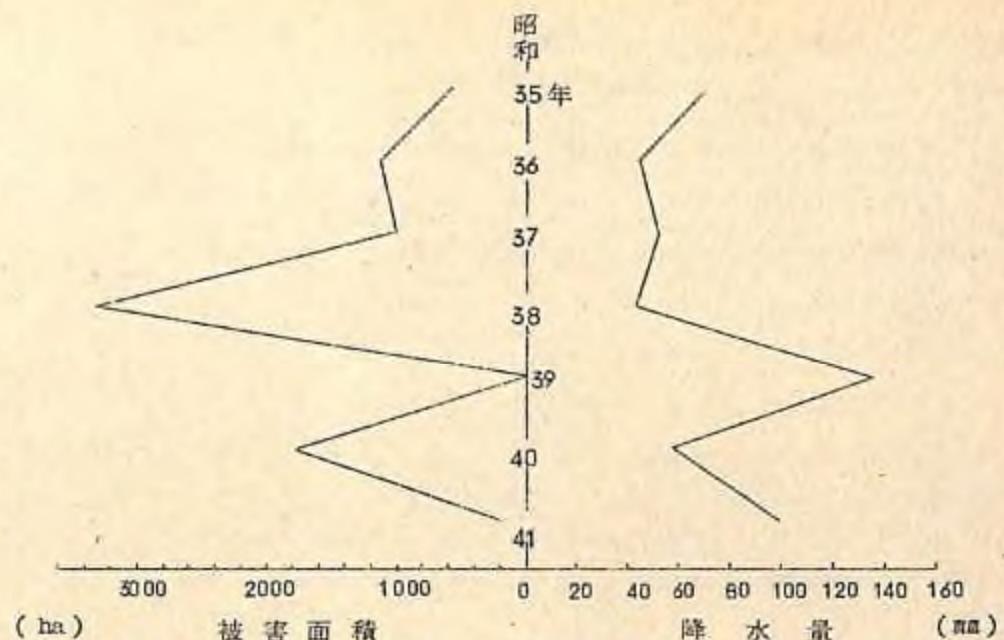


図-1 群馬県下民有林寒害被害面積と、前橋での12～2月降水量合計との関係(被害面積は森林国営保険事業書より、降水量は前年の12月から当年の2月)

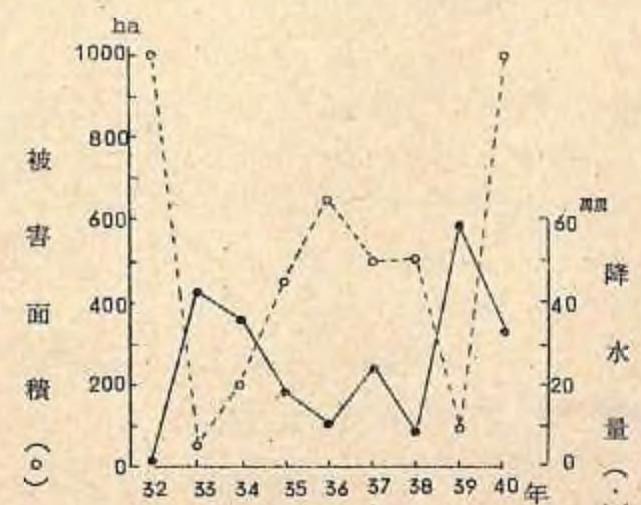


図-2 前橋営林局管内国有林寒害被害面積と前橋における1月の降水量

表-1 1月の降水量と寒害発生年との関係

(茨城県林試資料より)

寒害年度	被害程度※	水戸の1月の降水量
昭36～37冬	+++	55mm
37～38	+++++	2
38～39	-	128
39～40	+++	67
40～41	++++	27
41～42	+++	45
42～43	+++++	21

※ -は被害なし +の数により被害の著しさを表わす

本場が、前橋営林署で実施した観測例では、一つの沢をはさんだ南面斜面と北面斜面の両プロットに於いて、試験期間の平均風速は、南面が大きいにかかわらず、(表-2)枯損は1本もなかった。これは、蒸散があっても、吸水が滞らなかったことを示し、土壤凍結との関係が深いことを示している。

土壤凍結の深さは、標高、斜面の方位、傾斜度、植生の有無などによって異なるが、足尾附近の1,100m前後の海拔高でえた資料を図-3に示す。また、北海道東部での、積雪と土壤凍結深度との関係は、図-4のとおりである。

積雪量の違いによって寒風害発生の状態が異なる。雪が多い年は、晴天で、季節風が卓越する乾燥した日が少ないということにもなるし、また、苗木が埋雪されて保護されるという面もある。東北・北海道地方や、本州の

表-2 半旬別平均風速(m)

期 間	被害区	対照区
月 日 12.29～1.4	1.6	1.8
1. 4～1.10	2.3	2.2
1. 10～1.16	1.6	2.3
1. 16～1.21	1.3	1.6
1. 21～1.27	1.7	1.9
1. 27～2. 1	2.5	2.4
2. 1～2. 6	2.4	2.5
2. 6～2. 12	1.3	1.4
2. 12～2. 17	2.6	2.6
2. 17～2. 23	1.3	1.4
2. 23～3. 1	2.7	1.7
3. 1～3. 7	1.9	2.1
3. 7～3. 13	1.3	1.8
3. 13～3. 19	1.8	1.7
3. 19～3. 25	1.9	2.5

(b) 昭和39年12月～40年3月までの  
前橋営林局細野試験地での調査

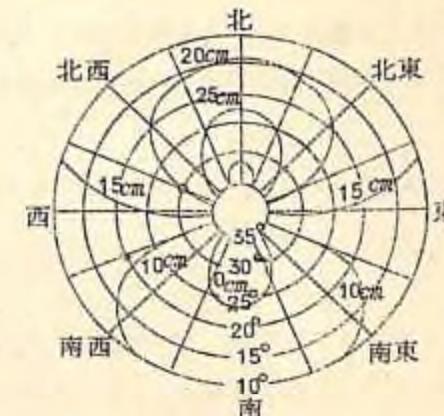


図-3 足尾付近の海拔1,100m前後における造林地の斜面の傾斜方位と土壤凍結の深さ

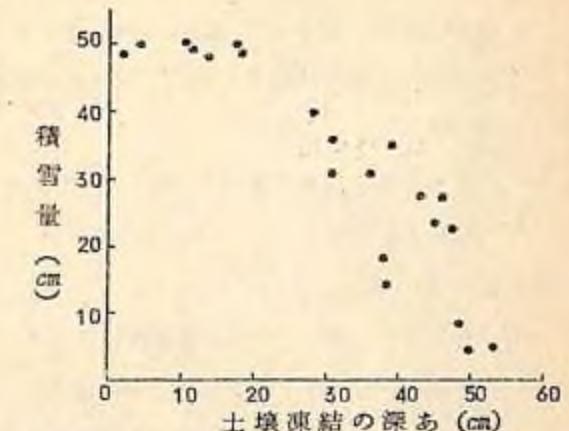


図-4 苗畑における土壤凍結の深さと積雪量の関係(牧野1960)(帯広営林局管内菊大田)

海拔の高い處で、苗木が雪面上に出た部分に被害ができるばあいは、その年の降雪量の多少により被害発生が極めて変動する。

(d) 地形因子 前に述べた要因にもとづくので、発生地形は、風あたりのよい斜面に多く発生し、斜面上部が著しい。

また、土壤凍結は、冬のその林地面への日照時間と関係してくるから、傾斜が急で、北に向いているほど、土壤凍結は深くなる。これらの関係から一定地域での被害率は、地形要因と関連させると考えられる。

中之条営林署管内で調査した、斜面方位と残存率の関係は、図-5のとおりである。

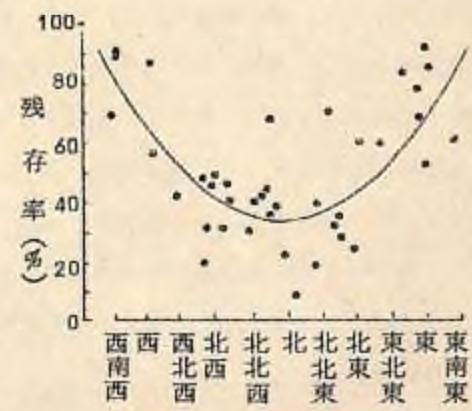


図-5 斜面の方位と寒風害残存率

(iv) 発生時期 全国的にはどの同時期であって、最盛期は、1月下旬から2月上旬にかけてである。ただ、関東地方で調べた例では、12月下旬から枯れはじめるものもあり、3月上・中旬でも枯損は終了しない。含水率の減少によって枯死に至るので、変色から枯死までの期間は長い。

また、高萩営林署管内で調査した事例は図-6のとおりである。いづれも北面ないし北に近い方位をピークとしている。

## (ii) 凍害

(1) 気象要因 植物が低温に耐える性質は、秋から冬にかけて増大し、冬から春にかけて減少する。この性質を耐凍性と呼ぶ。凍害は、樹木の部分部分のもつ耐凍性より、気温が低下して、樹木の組織が凍結害をうけることをいう。従って気温低下が最も重要な問題となる。

秋から冬へかけての気温は序々に低下してゆくが、必ずしも順調な変化をするとは限らない。茨城県水戸の近くで、11月下旬から12月初旬にかけて、百葉箱内で-5.7°Cとか-7.1°Cとかを示した例がある。これは、低温としての絶対値はそれほどでなくとも、苗木の耐凍性がまだ高まっていないため、この程度でも被害が発生することがある。(図-7)

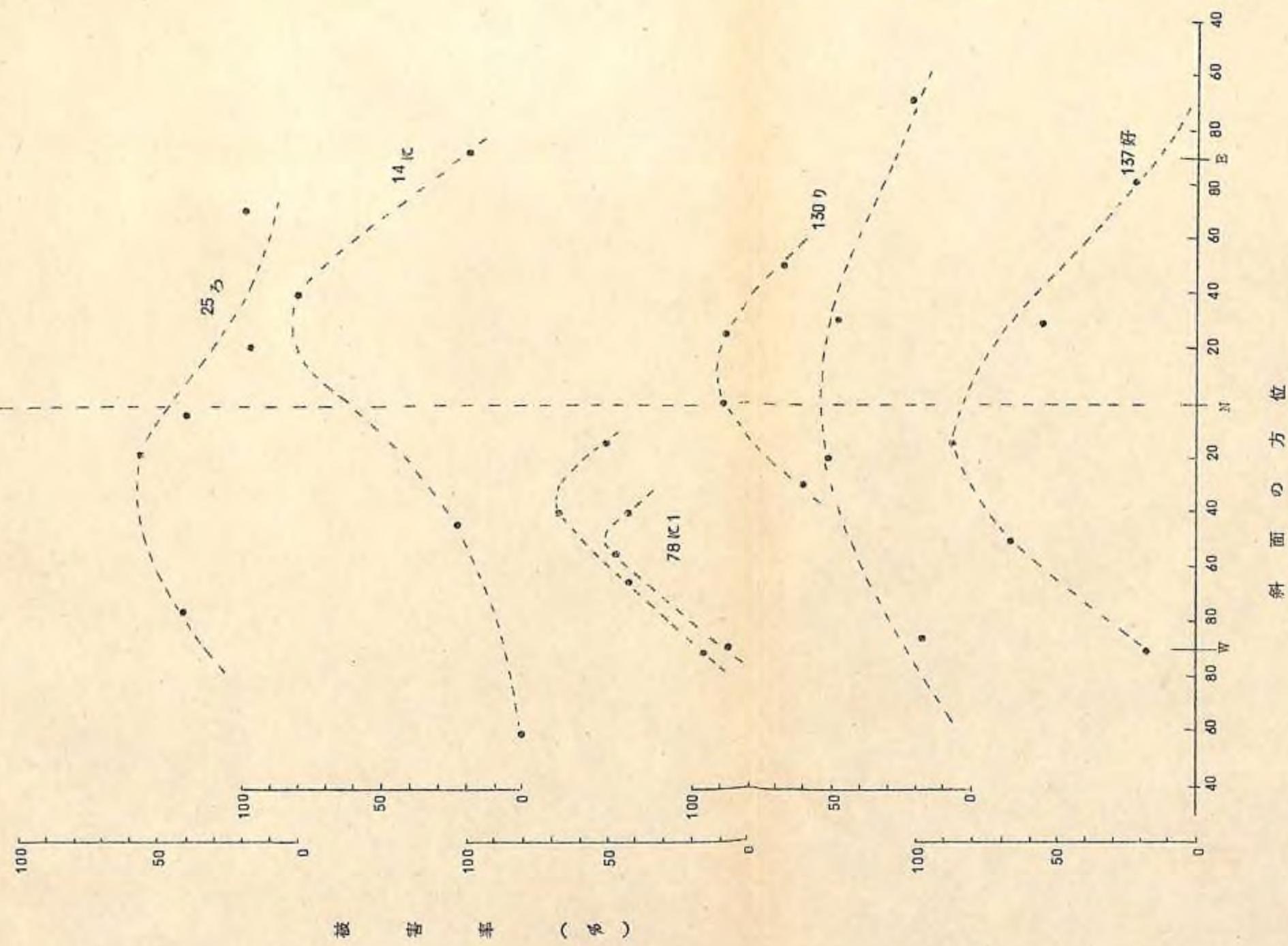
また、冬から春にかけて、耐凍性が低下する時期も同様のことといえる。

(2) 地形因子 標高が高くなれば気温は低下することは常識となっているが、気温はさらに地形、植生の状態により種々変化する。

北海道苫小牧の北大演習林内で調査した事例は図-8のとおりである。すなわち、凹地状地形、斜面下部、平坦台地でしゃへい物がないばあいなどは低温になりやすい。

また南九州から関東地方にかけてみられる南斜面の凍害は、おそらく、樹木の耐凍性が日中の高温により低下することに起因するのではないかと考えられている。

(iv) 発生時期 晩秋は、11月下旬からスギの凍害発生を発見している。厳冬季の凍害は、樹木が正常に越冬状態にある場合は、スギで-2.0°C以低になるので、容易に害をうけない。しかし、とくに寒冷なばあいは別である。また、早春、気温が上昇すると共に耐凍性が低下するが、4~6月に襲来する異常な低温で凍害をうける。カラマツ、トドマツなどはこの例が多い。



図一六 高萩営林署管内におけるスギの寒風害被害率と斜面の方位  
(昭和42~43年冬の被害調査)

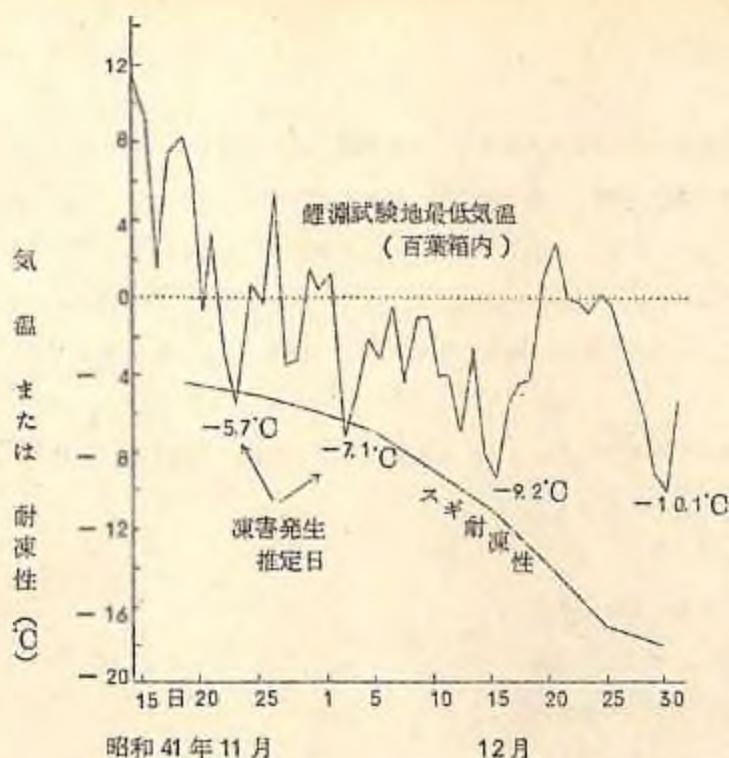


図-7 最低気温の推移と凍害発生推定日(茨城林試)

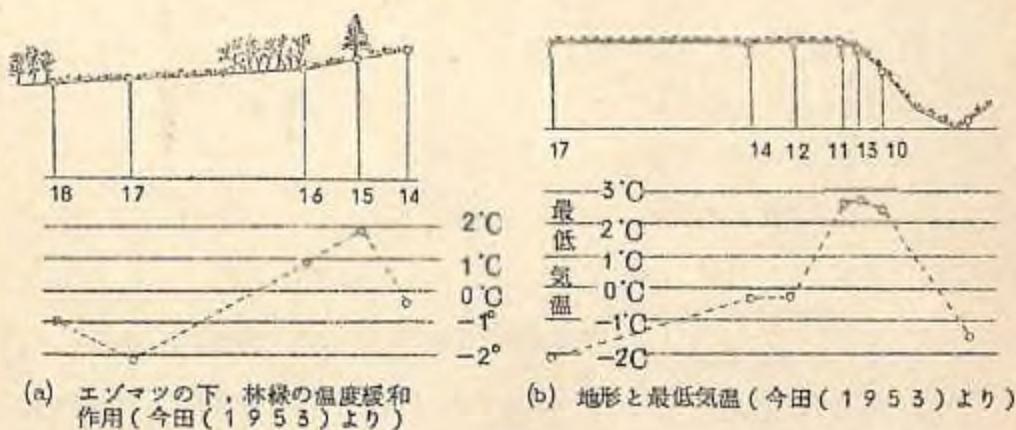


図-8 地形地物と最低気温

#### d 被害症状と被害型

##### (1) 寒風害

(イ) 外輪的症状含水率の欠乏による被害であるから葉色の変化が最もはげしい冬季間スギの針葉は褐色をおびた濃い緑色か、ほとんど赤褐色にかわっている。これが害をうけると、把って柔かい感じをうけ、さらに被害が進むと、しおれていたものが乾き葉綠色があらわれ、斑点状に黄ばんで、さらに赤味をます。この段階になると回復不可能で、まもなく、乾燥が進み、手でにぎると針葉が手のひらにささっていたみを感じる。

ヒノキは、スギと似ているが、黄褐色になり、次第に落葉する。アカマツは、針葉の先端から枯れこんでくる。

アカエゾマツやトドマツは、黄緑色から黄色または黄褐色にうつる。黄緑色である間は回復可能であるが、黄褐色になると致死限界をこえて脱水されている。

(ロ) 生理的特徴 上述のように、含水率の低下による乾燥死であるので、どの程度の含水率まで低下したら枯死するかを、スギとしらべてみた。およそ、対乾物の8.0%まで低下すると枯死する。(図-9)

ヒノキもほど同様であり、アカエゾは、対乾物の5.0%以下だと枯死する。

(ハ) 被害型 最も典型的なスギについての分類案を示すと、図-10のようになる。

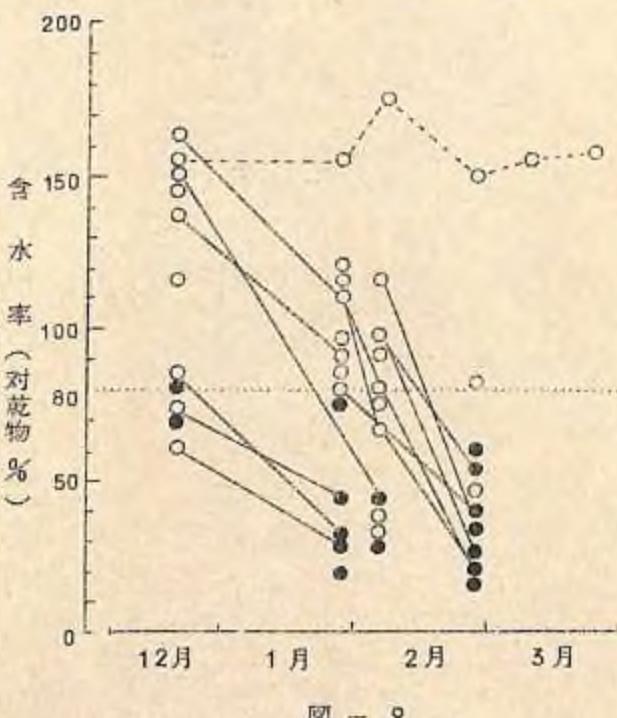


図-9

寒風害によるスギ枝葉の含水率の変化(○健全木  
●枯死木)

昭和39年12月～40年3月前橋営林署内細野試験地で調査した。対照区がほぼ16.0%を維持しているのに対し、寒風害区は急激に下降し(直線で結んでいるのは、同一個体を測定した場合を指す)、8.0%以下になると枯死するものが多くなってくる。



図-10 寒風害被害型

## (II) 凍害

(イ) 外観的状況 晩秋、まだ枝葉が十分固まらないうちに被害をうけたばかりは、スギなど、若い緑色部は1週間ぐらいで赤色に変色する。また、4月下旬から、5~6月にかけての被害も、短時日で変色がめだつ。これらは、樹体の生理活動が、休止の状態になっていないので、変化がはっきりあらわれることを示している。しかし、冬季、休止状態のはあいに、害をうけると、枝葉の変化は目立たず、春季、気温や土壤温度の上昇と共に生理活動の開始期になって、明瞭な変化があらわれる。

葉色が鮮紅色になったものは害をうけてから間もないことを示している。しかし、この現象は、上述の活動期に入ってからのものであることと、被害部が樹体のごく一部であると、これらの徵候もすぐには現われない。夏の高温乾燥期になってから目立つばかりもある。

これらの点を十分考慮しないと被害時期の判定をあやまるおそれがある。

(ロ) 生理的特徴 凍害の機作を理解するためには、樹木の耐凍性の季節変化などの特性を十分に知っておく必要がある。耐凍性の季節変化は、樹種によって異なるし、同一樹種でも、品種や年による変動がある。また、地域ごとに若干の差異がある。2, 3の例を示すと図-11のようになる。

これは、外界条件の変化に応じて、反応する性質であるからである。また、樹種により、耐凍性の獲得状況が異なり、エゾマツ、トドマツは、外気温が $0^{\circ}\text{C}$ 以下になる10月初旬に、すでに $-10^{\circ}\text{C}$ の耐凍性をもちはじめるが、スギ、ヒノキは、それ程はやすく獲得しない。これらの現象も、凍害発生の状況を異にする要因になっている。

また、一本の樹木についても、部位ごとに耐凍性の獲得程度がことなり、一般に樹体の先端より基部の方が弱いといわれている。このことと、地上 $20\sim30\text{cm}$ の高さの、最低気温が他の層より低いことから、樹体の幹の地上 $20\sim30\text{cm}$ の部分に凍傷痕がよく見られる。これは、生木部の組織が変色、褐変している状態で、その位置は、積雪高などにより上部にあるばかりもある。

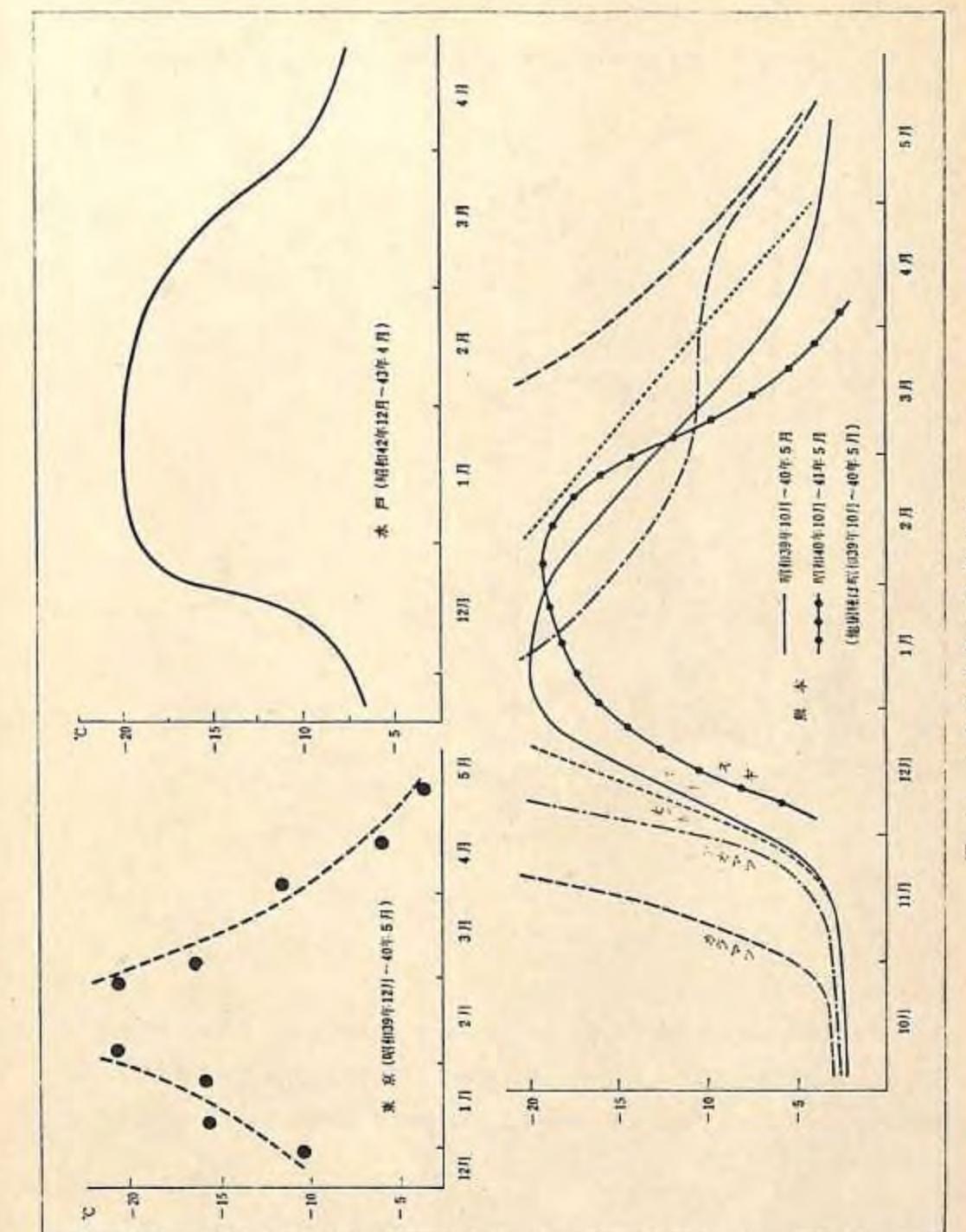


図-11 スギ耐凍性の季節変化

(a) 被害型 スギのはあいの典型的なものを図-12に示す。寒風害と同様、他の樹種にも準じるが、なお前述のとおり複合要素も加味したものが出来ていないことをお断りする。

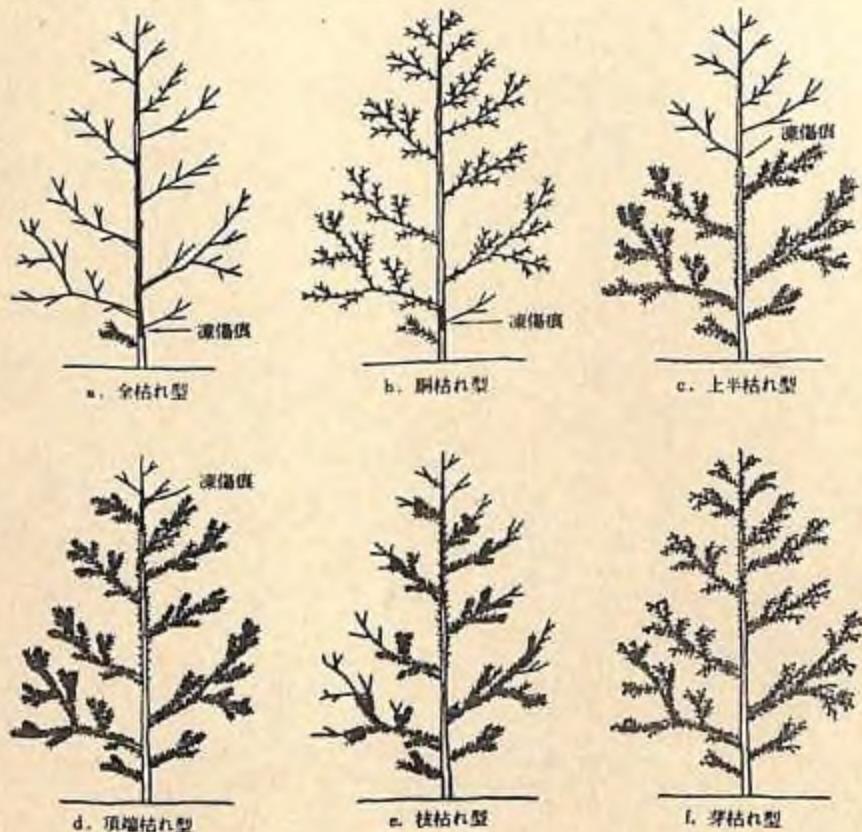


図-12 凍害木の被害型

#### (a) 全枯れ型

多くの樹種にあらわれる被害型である。2~5年生までの比較的小さい造林木が激しい凍害を受けた場合や霜穴地形のような寒冷気流が集中して高い霜高になる地形や寒冷気流が多い量に緩やかに流下停滯する斜面下部などでは、苗の幹枝葉が凍害にあって変枯死して全枯れ症状になる。

#### (b) 剥枯れ型

スギ、ヒノキに多く発生するが、ユーカリ、アカシア、クリ、コバハン、クスなどにも

発生する。最近トドマツ、アカマツにも発見されている。2~5年生くらいの造林木に発生することが多い。地際より10~20cmくらいの高さの幹に凍害が現われる型である。凍害のこの型の被害はさらに苗木の地際片側面だけに凍害を受けている場合と全周に受けている場合とがある。前者は半面剥枯れ型、後者を全面剥枯れ型と呼ぶことにする。

#### (c) 上半枯れ型

原野地形で気象の荒い場所に造林されたスギは、植栽後5~6年頃までは刈りこまれた庭園木のように側枝を密生させ主軸の伸長をはじめないが、この状態から主軸を伸ばした年に凍害がおこり、軸基部付近に強い凍害を受けて上半枯れをおこす場合がある。またカヤ、ササなどの混生に丈の高い下草や、かん木類、積雪などによって保護されていた造林木が保護物以上に幹を伸ばした場合に上半枯れをおこす。

#### (d) 頂端枯れ型

1~2年生のスギ、15~40年生くらいのスギによくおこる被害で、いずれもその年に伸びた主軸部分が凍害で枯れる被害型である。社幹スギの梢が枯れる頂端枯れ被害は、比較的肥沃な土地で非常に伸びのいいスギに発生し、その年に伸びた新梢基部付近に強い黒褐色の被害部が認められることが多い。すなわち、この被害は芽の先端部分からはじまっているのが特徴である。

#### (e) 枝枯れ型

枝の先端の1年生部や2年生部などさまざまな部分から枯れる被害で、針葉樹、広葉樹に広く発生する。比較的凍害の激しい霜高の高い地域に現われる型で、枝や幹部から新しい側芽を出して回復しかけるが、ふたたび凍害にあって枝の枯れ込みを生じ、結局は2~3年のうちに枯死するか、生長の望みない萎縮した造林木になる。

#### (f) 芽枯れ型

芽だけが枯れる被害で、林木ではスギ、アカマツ、エゾマツ、カラマツ、トドマツが晚霜害によって芽が枯れる。スギやカラマツは側芽が伸びて回復し被害はわからなくなる。しかし、トドマツやエゾマツは頂芽優先性が強く、側芽が伸びても樹形はよくならず、毎年頂芽が凍死して生長しない場合は樹形は一層悪くなり成林さえもおぼつかなくなるので北海道では重要な凍害となっている。

## ② 立地区分

寒害の実態が明らかにつれて、発生地域に一定の法則性があり、これによって地域区分を行なえば、寒害発生の有無、被害程度の大小などが、予め推察でき、さらに進めば、地域区分に応じた防除法の選択が可能になってくると考えた。

しかし、地域区分は、そのスケールによって大小がある。例えば、日本全土を対象にしたばわいは、一筆一筆の林地にとっては極めて大ざっぱなものになってしまふ。しかし、このような大区分は、地方ないし都道府県単位でものを考えるには役立つところが多分にある。

このようなことから、つぎの大、中、小の三つの段階の区分を考えることがよいと思われる。大区分は日本全土を対象とし、中区分は都道府県単位、小区分は一筆一筆の林地単位とした。

まだ十分な資料が集まっていないうえに、検討も未完成なので、ここでは2、3の例を提示することにとどめた。

### (Ⅰ) 危険地域の大区分

寒風害についてのばわいを例示する。多雪地帯では苗木が積雪下にかくれて寒風害が起らぬこと、暖かいところでも起らぬこと、また土壤が深く凍るようなところは、積雪が少なくて低温なところであること、などに着目して、スギの寒風害発生地の分布と1月の平均積雪深分布図、1月の平均気温分布図とを照合して、寒風害発生地が、1月の平均積雪深が50cm以下で、1月の平均気温が0°C以下の地域にあることを知った。この地域をスギの寒風害発生危険地域とする試案を得た。(図-13)

なお、凍害については未だ成案をえていない。

### (Ⅱ) 危険地域の中小区分

大区分では、発生する可能性の有無という程度であるが、中小区分では、被害発生の頻度、被害程度も加味し、各林地の被害予測がある程度可能ならしめる必要がある。

しかし、何を根拠にして画定してゆくかは、いろいろ論議のあるところである。ここでは、気象量から推定した事例、気象量と現実の発生状況とを加味して帰納的に行なってみた事例などを挙げてみる。

#### (1) 降水量から判定した寒風害中区分

前橋営林局管内の寒害被害面積と、前橋の気象との関係を調べた結果、12月の平均気温が低いほど、また1月の降水量が少いほど被害面積が大きい傾向がわかり、また逆に1月の降水量からその年の寒害被害面積を予想できる。その相関係数を示せば次のと

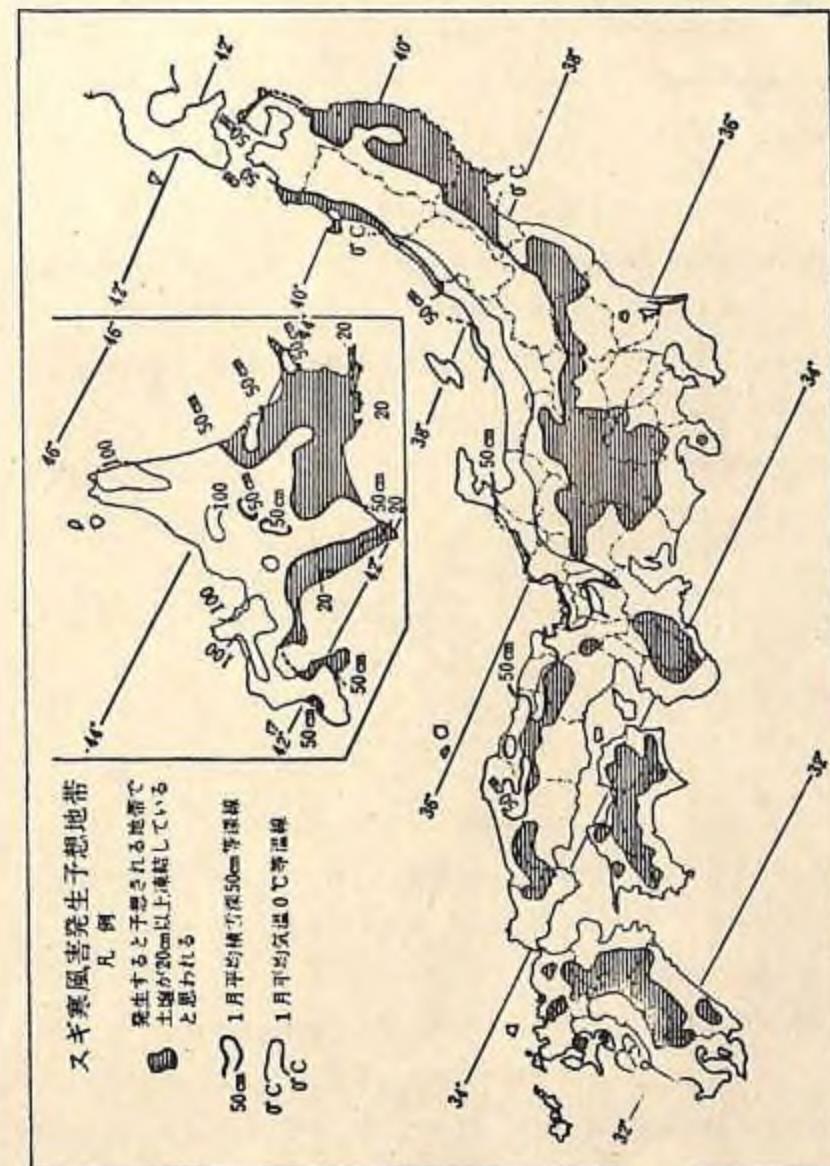


図-13 スギ寒風害発生危険地帯

おりである。

月 別	平均気温	降水量	平均湿度
12	-0.68		
1	-0.67	-0.96	-0.62
2		-0.52	
12～2		-0.80	

1月の降水量が40mm以下の年には被害が多いことがわかったので、1月の降水量が40mm以下の年の出現頻度で群馬県を3階級に立地区分してみた、その方法を示せば、昭和26年～41年の16カ年間の群馬県下における、区内観測所の懸測資料により、年別に降水量の分布図を作り、1月の降水量10mm毎の等量線を求める、1月の降水量40mm以下の年が、16カ年中0回を安全区域、1～6回の区域を小発区域、7～9回を中発区域、10回以上を常習区域として区分した。また20mmの回数でも同じ傾向を示した。次にその区分割を示すと次の通りである。

地 区	20mm ≒	40mm ≒
安 全 区 域 0	0 1	0
小 発 " I	1 ～ 2	6 ≒
中 発 " II	3 ～ 4	9 ≒
常 習 " III	5 ～ 7	> 10

但し、降水量20mm以下の年は、被害程度が大きいので、安全区域から常習区域に変るにつれて被害をうける頻度も多くなり、その程度も大きくなることがわかった。

#### (d) 気象量と被害実態から画定した事例

当研究グループが基本計画を作成しいくつかの県に画定作業をお願いしたものの中から、2つの事例をあげてみる。図-14は群馬県林試が作成した寒風害立地区分案である。これは12月から2月の最低気温、平均気温、降水量、積雪深など、と過去の被害状態から作られたものである。中央の斜線部は常習地帯で、毎年大かれ少なかれ被害が発生し、相当高度の防止対策を立てないと、スギ、ヒノキの人工造林は困難な状態にある。この両側にある縦線部の地帯は準常習地帯といつて、常習地帯ではないが、降水量の少ない年には、常習地帯と変わらない被害が発生し、相当の防止技術を必要とする。北側の準常習地帯の北緑部は、降水(こ

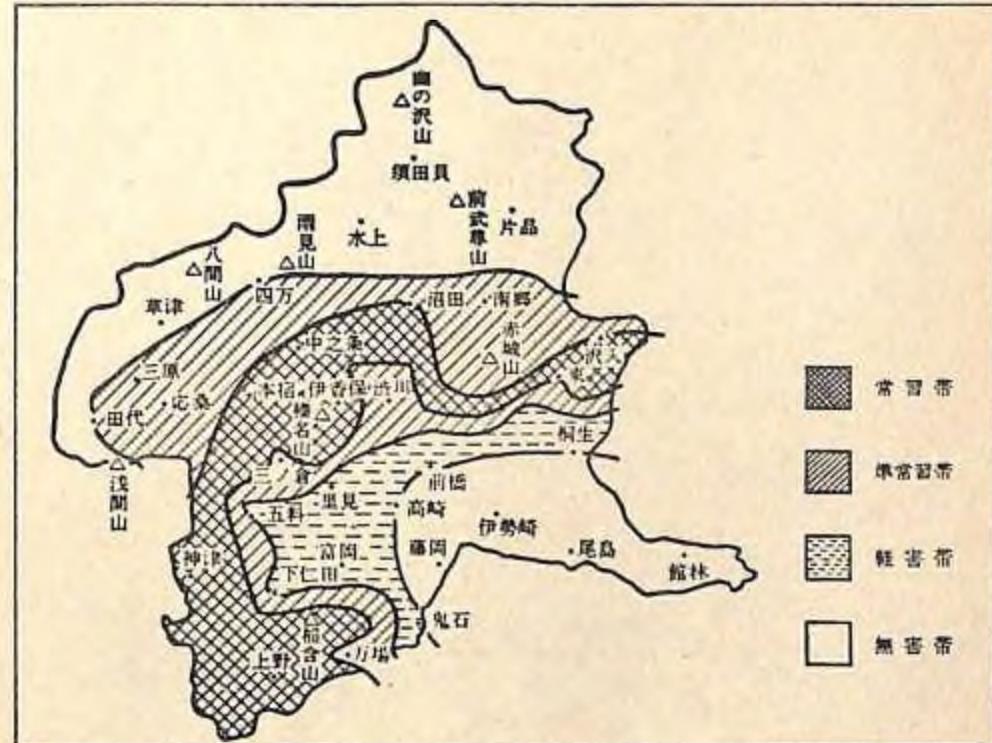


図-14 群馬県におけるスギ寒風害立地区分  
(群馬県林業試験場試案)

のばい雪が多い)の多い時は、ずっと南に後退することがある。南側の準常習帶のさらに南側には、軽害帶があって、横線で示されている。この地帯は、とくに、降水量等気象要因に恵まれれば、ほとんど被害が発生しない地帯である。最後に、北緑部と南緑部は、それ無害地帯となっているが、北緑部は、積雪地帯であるので、場所により、積雪面上に現われた林木が、その部分だけ枯死するばあいがある。

また、茨城県林試で画定したものはつきのとおりである。

茨城県内に発生するスギ、ヒノキの寒さの害の被害地の分布と気象資料を検討したところ、最寒月(1月)の平均気温の分布とかなりかなりよく一致することがわかった。

そこで図-15に示したように、茨城県内の危険地帯区分を作成した。

まず、凍害危険地帯については、III-5までにみてきたように、かなりはつきりと推定できることがわかっているので、この凍害の小気候特性を考慮して、最寒月平均気温の分布図に0.5°Cきざみの等温線を推定して入れてみた。これでもかなり、はつきりと凍害多発地

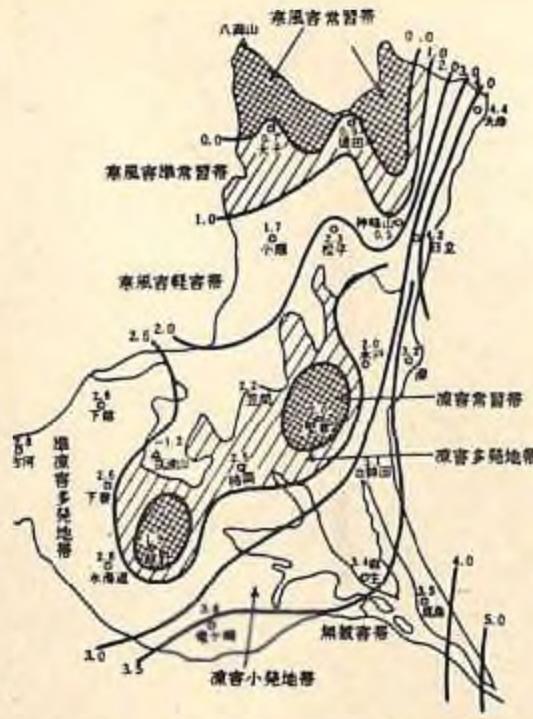


図-15 最寒月平均気温の分布とスギの寒害危険地帯区分

帶の小気候特性がわかる。

一方、寒風害のこれまでの被害地の分布をみると、寒風害は $1^{\circ}\text{C}$ の等温線で囲まれる地帯にもっとも被害地が集中しているが、 $2^{\circ}\text{C}$ と $1^{\circ}\text{C}$ の等温線で囲まれる地帯にもかなり発生してきている。ただし、 $2^{\circ}\text{C}$ の等温線より高い地域には筑波山系の一部を除いて、これまで寒風害が発生していないようである。

したがって、大別すれば、凍害と寒風害の境界線に $2^{\circ}\text{C}$ の等温線があたり、この付近が凍害と寒風害の混在地帯となっている。

以上のことから、茨城県内のスギの寒さの害の危険地帯を推定すれば、図でみられるように北から寒風害の常習帯、準常習帯、軽害帯、凍害の常習帯、多発地帯、準多発地帯、小発帯、無被害地帯とかなりよく最寒月平均気温の分布図と一致するようである。表-3に茨城県内のスギの寒さの害の危険地帯区分を示す。

表-3 茨城県内におけるスギの寒害危険地帯区分

大区分	中区分	地城	最寒月平均気温	標高	地質系統
寒風害危険地帯	常習帯	降雪が少ない。毎年被害が発生し、1~2年生造林地の北面は全枯多く、成林の見とおしつけにくく林地が多い。	$0^{\circ}\text{C}$ 以下	500~1,000m	古生層 深成岩類
	準常習帯	気象条件によって被害をまねがれる年もある。寒害年にには幼令造林地の北面の大半に被害が発生する。	$1^{\circ}\text{C}$ 以下	300~600	"
	輕害帯	全枯する事はないが、北面幼令造林地に奇型木を多く発生する。	$2^{\circ}\text{C}$ 以下	200~400	深成岩類 古生層
凍害危険地帯	常習帯	常習的に凍害が発生し2~3年で造林木が全枯する造林地が多い。	$2^{\circ}\text{C}$ 以下	20~25	関東ローム
	多発地帯	1~2年おきに凍害が発生し数年で造林木の大半枯損する林地が多い。	$2.5^{\circ}\text{C}$ 以下	10~30	"
	準多発地帯	3~4年に1度ぐらいたるが発生する。	$3^{\circ}\text{C}$ 以下	10~50	"
	小発帯	数年に1度は大きな凍害が発生する。	$3.5^{\circ}\text{C}$ 以下	10~30	"
無被害帯	温暖帯		$3.5^{\circ}\text{C}$ 以上	0~30	"

## 防除法

(i) 寒風害発生危険地帯の北側斜面は、通常の皆伐一人工植栽では、成林は期待できない。そこでいろいろなものによるしゃへいを利用しなければならない。しかし、灌木、広葉樹の萌芽（寒害地帯には落葉性のものしかない）などを利用した、筋刈りや坪刈地ごしらえ法は、寒風害の常習地帯では効果がないようである。つまり、もっと大がかりなしゃへいを必要とするようだ。

防風林の利用 寒風害は、季節風が重要な原因の一つであるから、これを防ぐことが第一である。このため、防風林を利用する考えられるが、どのように防風林を配置したらよいかは、なかなかむずかしい。

山岳地形の場合、尾根すじ防風林は、林地に対して、寒風害防止効果をあまりもっていないということである。というのは、寒風害は北側斜面に発生するのだから、その斜面の尾根にある防風林は、その斜面には役に立たず、また、防風林の風下は南側斜面となって、寒風害の発生しない場所であるから、尾根の防風林の有無に関係がない。したがって防風林は、被害の発する斜面上に立てなければならない。

1, 2の観察した例では、斜面上の防風林の防風効果は、その梢端を水平に延長した線までのようなである。すると、防風林は、斜面上に何段か立てなくてはならない。すなわち、帯状皆伐更新法をとらなければならない。

下木植栽法 皆伐したら、寒風害を受ける林地の場合は、伐採前に先行下木植栽をすることも、一つ考えられる。まだ実例がないので、正確なことはいえないが、試みる価値があると思う。

しかし、これには二つの問題がある。一つは、一般的造林地にスギを下木植栽すれば、被陰により、初期の成長が著しく妨げられないか。もう一つは、上木の伐採のさい、下木が邪魔になるということである。

後者のためには、下木は帯状に植栽することにより、少しでも伐採しやすい方法をとる必要はあろう。しかしそれでも、伐木集材に不便であると考えるなら、それは考え方の相異になってくる。人為でかえられない、きびしい気象条件を、既成林分を利用して、克服できるとすれば、まさに林業的特徴を生かした更新法であり、伐木集材上の問題点は、これに比べれば解決しやすいものではなかろうか。

前者の被陰に対する問題は、幼時多少成長が衰えても、伐開後の成長回復を期待すればよいのではなかろうか。とくに、上木成立中に植付けるから更新が早めに始まり、上木伐採から植

栽木の閉鎖までの期間は、通常の皆伐更新とあるいは変わらないかもしれない。

寒風害防止のための試験ではないが、被陰下のスギ造林木の成長の一例がある（図-16）。土壤や品種など異なる場合の問題はあらうが、スギの下木植栽が全く無意味とは思えない。

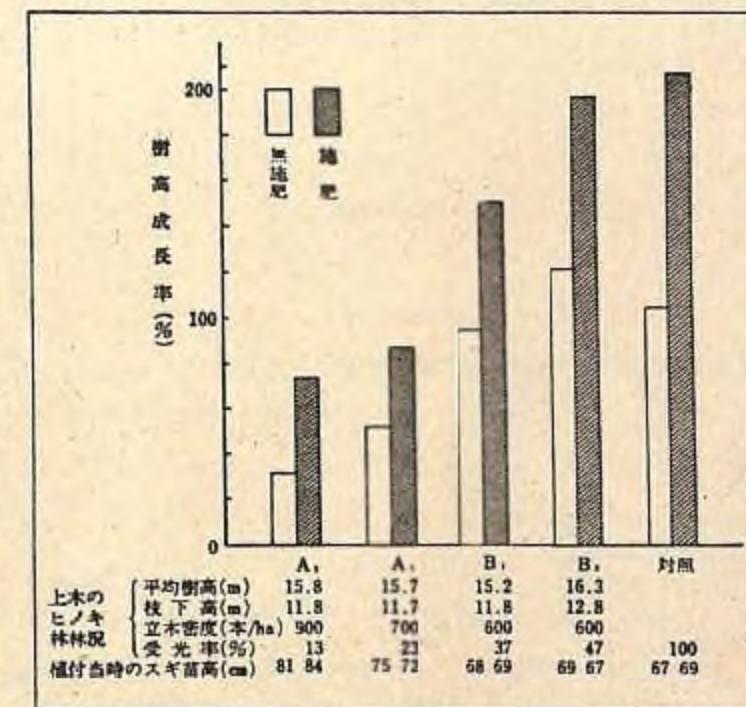


図-16 ヒノキ林下のスギ造林木の成長（竹下・石原）  
岐阜県益田郡 石原林業株所有山林における試験結果 成長率は39年7月植栽のジカザシ苗の苗高に対する42年10月までの成長量の比

下木植栽法も、上木の伐採や、そのつぎの更新法を考えると、前項と同様、帯状更新法が便利ではないかと思う。

したがって両者を合わせ考えれば、(i)無立木地または幼造林地の改植の場合は、防風林となる樹種(マツ類など)を帯状に前植し、防風効果が出てからスギを植栽する。(ii)再造林の場合、帯状下木植栽をし、帯状更新に誘導する方法が考えられる。

いずれも、現実にその例をみないが、速やかに試みる価値はあると考えている。

#### (ii) 凍害防止の更新法

凍害を防ぐには、樹体温の低下を緩和するか、苗木の耐凍性を高めるかが、まず第一の方法で、このため上方や側方から苗木をしゃへいしなければならない。後者は耐凍性の形成が早く、消失のおそい品種を選ぶか、または苗木の成長休止を早め、耐凍性形成を促す施業をとることが必要となってくる。

**下木植栽法** 茨城県南部から、千葉県北部にかけての常緑台地は、平坦地の凍害常習地帯である。ここでは、農家が、経験的に、アカマツ林のなかにスギを植栽して、凍害を防いでいる。どの程度の上木を必要とするかが問題である。北海道苫小牧地方のトドマツの例では、直径20cmであれば上木の閉鎖度は50%～60%でよいといふ。スギの場合は資料が乏しく、明確なことはいえない。上木としてはマツ類が考えられるが、寒風害同様、スギの下に植えてもかまわない。

下木植栽は、南面斜面に発生する凍害の場合でも通用すると思われる。しかし沢沿地や、凹地のように、低温気流が流入停滞するような所では、せっかくの上木保護による低温防止効果が消滅してしまうおそれがあるから留意しなければならない。

**巣植え・寄植え** 平坦地や南面の凍害地に適用できる方法である。どの程度の大きさの苗をどの位の間隔に植えたらよいかがきめ手になる。報告例は4つある。2つは林試九州支場で行なった実験であり、他の2つは茨城県下で、防災部と造林部が行なった結果である。

九州支場の実験は、平坦地である九州林木育種場構内で2回、吉無田で1回、また南斜面である吉無田で1回それぞれ試験報告があり、これをまとめると表-4のようになる。防災部は、水戸の関東林木育種場構内で行なったもので、表-5に結果をまとめた。造林部は、水戸の西方約10kmの茨城県鶴見苗畠で行なった実験で、表-6にまとめた。

九州では、アヤスギ、防災部はサンブスキ、造林部はクモトオシと、それぞれ用いた品種が異なり、苗の大きさも違う。また、年度によって被害の発生度合も異なる(表-4)ので、共通の尺度が必要である。筆者たちが比放射量をはかつたのも、その試みの一つであるが、将来

表-4 林木凍害防除試験

(1) 育種場試験地(熊本県菊池郡西合志村 台地上の平坦地形 黒色火山灰土 標高85m)

37年度の結果

防 止 法	巣植え	遮光板	丘植え	溝切り	土寄せ	施 肥	対 照	下刈り	除 草	耕 耘	わら巻き
被 害 全 健	91.6	85.0	79.6	58.4	43.3	52.8	38.5	28.3	31.6	18.5	16.1
退 色 度	6.6	15.0	10.0	27.6	40.0	21.9	29.8	35.8	28.3	21.9	24.6
半 枯	0	0	6.6	9.2	13.3	15.1	19.2	23.8	20.0	30.6	17.2
③ 枯 死	1.6	0	1.6	4.6	5.3	10.0	12.2	11.9	20.0	28.7	42.0
被 害 指 數	0.15	0.18	0.28	0.78	0.96	1.17	1.48	1.67	1.88	2.57	2.86

39年度の結果

防 止 法	遮光板	囲み植え	丘植え	そえ植	土寄せ	耕 耘	溝切り	そえ植	そえ植	除 草	下刈り
被 害 指 數	0.40	1.15	1.23	1.55	2.03	2.81	3.07	3.28	3.37	4.67	4.75

(2) 吉無田試験地(熊本県上益城郡御船町吉無田 黒色火山灰土 標高800m)

39年度の結果(平担地)

防 止 法	溝切り	囲み植え	対 照	そえ植	施 肥	下刈り	遮光板	除草剤	耕 耘	下刈り
被 害 指 數	0	1.30	1.63	2.47	3.34	3.92	0.08	0.95	1.51	3.79

(a) 波野試験地(熊本県阿蘇郡波野村 浅谷縦斜面 黒色火山灰土 標高760m)

防 止 法	除 草	溝切り	遮光板	耕 耘	土寄せ	丘植え	対 照	わら巻き	施 肥	下刈り
被 害 指 數	0.02	0.12	0.16	0.20	0.36	0.57	0.60	0.77	0.85	1.38

被害指數 0：無被害 1：葉先および幹枝葉の1部褐変 2：枝葉の約1/3褐変 3：枝葉の約1/2褐変 4：枝葉の1/2或は下部の1部を残した褐変 5：完全枯死の6段階に分け各個体の程度別に重みをつけ、その積を生立本数で割った値が被害指數で値が大きいほど被害は大きい。

防 止 法 の 内 容

丘植え	高さ40cmの丘を作りその頂上に植える	施 肥	化成肥料40g苗木の4方向1.5cm深さ1.5cm6月実施
土寄せ	高さ30cm位、土を苗に寄せる11月土寄せ月土戻し	遮 光 板	苗の南側に40×40cmの板を立てる11月取りつけ4月除く
耕 耘	深さ30～40cm全面耕耘、除草6・8・10月実施	わら巻き	苗をわらで包む、11月包み4月解く
下刈り	下刈り(全刈り)を6・8月実施	溝 切 り	深さ50cm幅30cm未幅1mの溝を切り床面中央に苗を植える
除 草	除草を6・8・10月実施	そえ 植	スギ苗の南側30cmのところに30cm間隔にクロマツを植える
巣植え	スギ苗を4本のクロマツで囲んで植える(囲み植え)	対 照	下刈りを行なわず放置する

表-5 塚植えの効果

記号	植栽方法	植栽間隔	枯死率	平均苗高	平均最大板張り	
A	単木植え	2.0×1.2 m	59.1%	59 cm	32cm	
B		1.8×1.8	56.4	56	30	
C		2.6×2.6	46.3	58	31	
D	塚植え	塚の中心木の間隔 2.0×1.2	中心木 0.8 周囲木 南東 30.8 南西 25.8 北西 4.2 北東 5.8	69 59 59 67 66	30 29 30 33 32	
E		塚の中心木の間隔 1.8×1.8	中心木 0 周囲木 南東 22.0 南西 32.0 北西 4.0 北東 4.0	71 63 63 68 70	31 29 29 33 32	
F		周囲木は 30cm間隔				
G		単木植え アカマツ林内	1.8×1.8	70.8	56	26
			1.8×1.8	16	58	39

植栽は1965年4月、枯死率は1966年8月調査

表-6 寄植えによる凍害防止効果

番号	平均植栽距離(m)	小苗			大苗				
		しやへい度%	生存率	しやへい度%	生存率	しやへい度%	生存率	しやへい度%	生存率
1	0.25	37	88	33	100	50	100	66	100
2	0.38	19	33	23	88	23	88	40	92
3	0.53	0	8	21	46	13	42	20	46
4	0.75	—	0	10	4	10	8	11	8
5	1.07	—	0	—	0	—	0	0	0
6	1.54	—	0	—	0	—	0	15	0
7	2.20	—	0	—	0	—	0	8	0
8	3.14	—	0	—	0	—	0	—	0

(1) 小苗、大苗とも3プロットずつ試験、小苗は苗高5.2~7.5cm、大苗は8.5~12.0cm

(2) スギの品種はクモトオシ

(3) しやへい度は示差輻射計を苗の南側地上20cmのところにおいて、夜間、放射量を測定し裸地での値との比をもって表わした

もっと簡便なモノサシが現われるであろう。いずれにしても、平坦地や南面では、苗木の周囲のしゃへいが効果あることは明らかである。しかし、何ゆえに効果があるのか、たとえば、最低気温の緩和か、直射日光のしゃへいか、その両者によるものか、正確なことはまだわかつてない。

丘植え・溝切り 前項と同様、林試九州支場で行なった実験(表-4)のなかに、波野試験地や、吉無田の平坦地、林木育種場構内で、丘植えあるいは溝切りの効果が現われている。水湿状態が多少過度によるところではとくに明らかである。例えば、山間の水田跡地にスギを造林して凍害を受けている例を多くみるが、この中でも時に植え込んだものが生き残った例がある。土壤水分が過多であると、秋季の成長停滞が遅れ、帶凍性の形成が進まないために、凍害を受けやすくなるので、丘植え、溝切りの効果があることもうなづける。

### (iii) 耐寒性品種の選定

寒風害と凍害は、発生の仕組みが違うので、ひと口に耐寒性品種といって一語にしてしまうわけにはいかないかもしれない。しかし、寒風害も乾燥を伴うので、凍害が比較的干害と似た生理的特徴をもっていることをあわせて考えると、共通点が多いわもしれない。いずれにしても、両者とも、はっきり品種名があげられるほど、資料が集まっていない。

多雪地帯に生育している天然生スギは耐寒性がよいようと思われがちであるが、必ずしもそうとはいえない。雪が多いことは、かえって寒害から保護されるので、多雪地帯には、寒害発生がきわめて少なく、判断の尺度が何もないからである。

耐寒風害個体については、前橋営林局中之条営林署の造林実験圃地での試験や、金川たちの(茨城林試)の報告にみられるように、針葉の鉤状型のものに抵抗性の高い個体が多い。耐寒風害性の高い個体がありそうであり、今後に期待したい。

耐凍性については、林試九州支場の報告にあるのは、ヤブタグリ・アヤスギに比べ、メアサ、オビアカが弱いという。このほかについては、まだはっきりした報告はない。元来、厳冬季の耐凍性最大値は、どの品種も高低がほとんどなく、また外気温よりずっと抵抗力があるので、抵抗性の強弱は、秋の耐凍性の形成が早いか、春の消失が遅いかで決まるようだ。この検定は比較的簡単であり、検定が進むことを期待したい。