

混植による寒害防止試験

アカマツ林下にスギを植栽した場合の寒害防止効果

戸 田 清 佐
山 口 清
東 方 喜 之*

目	次
まえがき -----	34
I 岐阜県の立地環境 -----	35
1 地形 -----	35
2 気候 -----	36
II 試験の方法 -----	36
1 試験地の位置と概要 -----	36
2 設定方法 -----	38
3 調査方法と項目 -----	39
III 試験の結果 -----	40
1 昭和48年度の試験結果(下呂試験地) -----	40
1) 微気象 --- 気温, 湿度, 風 -----	40
2) 樹冠分布割合と林内照度 -----	42
3) 造林木の被害発生状況 -----	42
2 昭和49年度の試験結果(下呂試験地) -----	43
1) 微気象 -----	43
2) 樹冠分布割合と林内照度 -----	45
3) 造林木の被害と生長 -----	45
3 昭和50年度の試験結果(宮村試験地) -----	46
1) 微気象 -----	46
2) 樹冠分布割合と林内照度 -----	48
3) 造林木の被害と生長 -----	48
4) 下呂試験地の調査結果 -----	49
IV 考 察 -----	51
1) 上木の林内微気象におよぼす影響 -----	51
2) 樹冠分布割合と林内照度 -----	52
3) 造林木の生長と被害 -----	52
4) アカマツ林下にスギを植栽した 場合の保護効果 -----	53
あとがき -----	54
文 献 -----	54

まえがき

寒害は、その発生の典型的なものとして、凍害と寒風害の二つに大分けされているが、その発生機構からすると、凍害は主として低温による植物組織の凍結によっておこるもので、いわゆる凍害と霜が含まれる。さらに寒風害といわれるものは、風をともなった低温による乾燥害で、寒風害、寒枯れ、寒乾風害等がこれに含まれる。

しかし、これらはいずれも被害の典型をもとに分類されたものであって、実際にはこれらの複合した被害もあり、とくに中部高原地帯における寒害の実態からすると、各地に凍害と寒風害の両者が見られる。

このような、凍害や寒風害などの被害を防止する技術としては、これまでに保護樹帯造林や樹下造林をはじめ、下草の保護作用による方法、溝切り法、丘植え法、土寄せ法、密植、巢植え、混植、列植え大苗や充実苗による方法などが開発されているが、いずれも決定的な防止効果を発揮するところまでに

* 岐阜県林業センター

はいたっていない。

いずれの方法にも一長一短があり、完全ではないが、なかでも比較的效果の高い方法としては、寒風害地帯の保護樹帯造林をはじめ、凍害の発生が多いところでの樹下造林があげられる。

樹下造林については、すでに昭和43年から新井外らが広葉樹林を立木密度33%と66%に間伐し、スギを植栽して寒風害の防止効果を試験しているが、その結果によると、被害率は裸地の91%に対し、33%区では58%、66%区では63%、100%区では53%である。また、全枯れの割合は裸地の45%に対し、それぞれ、17%、19%、16%と上木のあるところでは、半分以下の被害で、はっきり上木の保護効果を認めている。

また、堀内⁶⁾も密生した広葉樹林をもとの30%と60%の密度に疎開させ、スギを樹下植栽したところ、被害率は、裸地の98%に対し、30%区で80%、60%区では56%、自然放置区でも51%であった。残存率では、裸地の16%に対し、それぞれ、28%、69%、62%で、上木による保護効果の大きいことを確認している。

以上のような結果から、新井⁷⁾は、被害防止機能の優れている樹下造林の要因を次のようにあげている。「一つには、上木とその落葉の被覆によって、地温の放熱が防げられるので、地温が高く、従って、土壌凍結が浅い。二つには、上層を樹冠や枝などで覆っているため、これが障害となって、風速を減少するので、植栽木の強制蒸散をやわらげる。三つには、林内湿度が常に高いことから、蒸散作用を緩和しているものと考えられる。」

このように、主として寒風害に対する樹下植栽の効果は、広葉樹でもかなり大きいことが試験され、すでにいくつか報告されており、一部では実用化されているが、上層木の樹種をはじめ、林内の明るさ、林分の構造との関係については、不明な点が多く、とくに凍害発生地帯におけるこれらの研究はまだ十分とはいえない。

そこで、岐阜県では、昭和40年に県下全域にわたる実態調査を行ない、寒害の発生状況を把握したが、これによると、中東部の恵那郡から加茂郡にかけては、主に寒風害と晩霜害が発生し、北部の飛騨地域では、凍害を主とし、一部稜線では寒風害がみられたので、昭和48年度から3か年計画で実施した国庫助成試メニュー課題として、凍害防止のための樹下造林の効果を検討した。

本試験は、全国で寒害発生の常習地帯のうち6県、青森、岩手、福島、群馬、埼玉、岐阜が、共通設計で実施したもので、とくに凍害の発生が多い県と寒風害の多い県の二つに分けてとりまとめられた。

岐阜県は青森、岩手とともに前者のグループに入ったが、本県の場合、中間的なところに試験地を設定した関係もあって、寒風害地帯のデータも参考にしながら検討した。

なお、本試験の実施ととりまとめにあたっては、中島前場長はじめ、石原場長、森本研究部長に終始ご指導いただいた。試験地の設定をはじめ、冬期の気象観測にご協力賜った桂川技術主査はじめ多くの方々に對し、ここに厚くお礼申し上げる次第である。

I 岐阜県の立地環境

1. 地形

岐阜県は、中部地方における海のない県の一つで、7つの県にかこまれ、北緯 $35^{\circ}7'49''$ から $36^{\circ}27'42''$ までの範囲にあり、面積はおおよそ1万 km^2 におよんでいる。

海拔高は南西部の低地1m未満から、御岳火山脈の3,000mにいたり、山岳県といわれる通りいたる所に山岳の連続という特徴もあって、地形的、気候的に極めて複雑である。

濃尾平野の西には養老、伊吹の両山脈があって福井、滋賀県に隣接する。揖斐、根尾両川の上流には越美山脈があり、これより北にいて、飛騨西部の山脈には、白山を主体とし、大日嶽その他の諸峯を含み、これらは岐阜県西部の気候に大きく影響する。

飛越国境をなす分水嶺には1,600m級の横岳があり、次第に高度を増して3,000m級を越える槍ヶ岳に

達する。これより南下するものは御嶽山脈で日本アルプスの一部として有名である。この外の河川にはさまれた無数の山脈はいずれも相当急傾斜地をなし、局地的気候は極めて複雑である。なかでも、濃飛国境にあたる位山分水嶺は、気候的に見のがすことのできない存在である。

飛騨高原とよばれるところは、宮川と庄川、それに高原川によってさまれた地帯であり、寒冷でしかも多雪なことで我が国では屈指のところである。この高原には海拔540 m～640 mの高山盆地をはじめ500 m程度の古川盆地があり、濃尾平野を中心とした温暖な地帯と比べて著しく寒冷な気候を示すところである。

2. 気候

地形の変化が気候におよぼす影響については、さまざまな表示方法でなされているが、ケッペンによる相対温度をもちいて、地形的に複雑な本県の気候についてみると、春と秋の相対温度の比の高い、内陸性の気候を示すところは、高山市を中心とした地帯であり、次いで恵那市を中心とする地域も比較的内陸性の気候を強くあらわしている。

季節の変化については、月平均気温が5℃以下を冬とし、20℃以上を夏としてその間を春と秋に分けて岐阜と高山市を中心とした地域の比較をしてみると、後者は前者に対して夏が36日間短かく、冬は59日間も長い。

また、凍害の発生にもっとも関係の深い温度較差についてみると、年間を通じて内陸性気候を示すところは、海洋性のところに比較して一般に高いことが知られているが、高山市の場合とくに4、5月の較差が大きく、14℃近くあって、岐阜市の9～10℃に比べて著しく大きいことが認められている。

このように、岐阜県の気候は、地理的位置や地形の関係もあって、複雑であるが、大まかな気候で2つの大きな地域に分けることができる。つまり、美濃と飛騨がこれにあたるが、凍害の発生を考えると当然後者の方にその大半がおこっており、試験地の選定にあたっても、種々の条件を考慮しながら、決定した。

II 試験の方法

1. 試験地の位置と概要

凍害の発生が予想される地域を対象に、アカマツ幼令林のあるところを数か所選定し、その土壌条件が、スギの植栽を可能とするところにしぼった。さらに、冬期間の気象観測ができる条件もかねそなえている所となると、人家の近くであることも必要なので、まず昭和48年度の試験地は、益田郡下呂町乗政地内にある岐阜県林木育種事業地のアカマツ採種園とすることにした。

下呂と宮試験地の位置は、図-1に、その概要は、表-1、2に示すとおりである。

下呂試験地は、岐阜県のほぼ中央にあって、海拔610 mの山腹緩斜面のアカマツ採種園14年生で、方位はSW、土壌型はB1D、立木度は400 本/ha、整枝と剪定を繰返し、樹高をほぼ5 mにそろえたものである。

園内は毎年2～3回にわたって全面を下刈りしているので、下層植生は、ススキやササを主としたものにかわっており、アカマツ以外の木本類は全く成立していない。また下呂試験地は、岐阜県の気候からすると、太平洋側の影響をうけており、冬期間は比較的晴天が多く積雪はほとんどない。

昭和49年度は、前年度設定した下呂試験地をそのまま使用し、その内に新たにスギ苗木を植栽して被害状況を調査した。

昭和50年度は、位山分水嶺の大野郡宮村刈安峠の海拔1,000 mに試験地を設定した。この試験地は、飛騨地方の高原にあって、冬期間は積雪約1 mあり、曇天の多い日本海側の影響を強くうけたところである。林地は山腹の緩斜面で方位はSE、土壌型はB_D(a)、天然生のアカマツ、ヒメコ、ヒノキの混交林である。

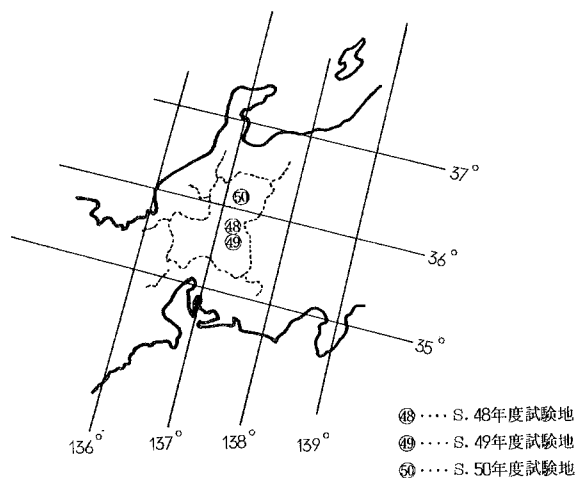


図-1. 試験地の位置

表-1. 試験地の地況

試験地		S 48年度			S 49年度			S 50年度		
所在地		岐阜県益田郡下呂町乗政			前年と同じ			岐阜県大野郡宮村刈安		
地域面積		2,400 m ²			2,400 m ²			5,000 m ²		
試験区		密区	疎区	対照区	密区	疎区	対照区	密区	疎区	対照区
面積 m ²		400	400	400	400	400	400	400	400	400
立木度		57	35	0	57	35	0	140	80	0
上木	樹種	アカマツ	アカマツ		アカマツ	アカマツ		アカマツ ヒノキ	アカマツ ヒノキ	
	林令	15	14		15	14		10~20	10~20	
	樹高	5.3	4.5		5.3	4.5		7.2	6.4	
	枝下高	0.5	0.5		0.5	0.5		3.0	2.7	
	胸高直径	15.0	16.0		15.0	16.0		11.0	9.5	
	haあたり本数	470	430		470	430		3,500	2,000	
地形	標高	600 ~ 620			600 ~ 620			940		
	方位	S W			S W			S E		
	傾斜度	12 ~ 15			12 ~ 15			10		
	傾面の位置	山腹緩斜面			山腹緩斜面			山腹緩斜面		
地質		第三紀			第三紀			第三紀		
母材		石英斑岩			石英斑岩			石英斑岩		
土壌型		B1D			B1D			B D		
A層の厚さ		20 cm			20 cm			40 cm		
土性		CL			CL			CL		

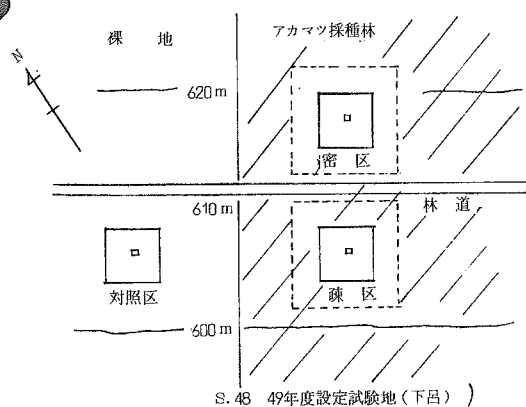
表-2. 試験地の林況

試験地		S 48年度			S 49年度			S 50年度		
試験区		密区	疎区	対照区	密区	疎区	対照区	密区	疎区	対照区
植	木本類名	アカマツ ウメモドキ	アカマツ ウメモドキ		アカマツ ウメモドキ	アカマツ ウメモドキ		アカマツ ヒノキ ヒメコ	アカマツ ヒノキ ヒメコ	
	優占度 %	アカマツ90	アカマツ90		アカマツ90	アカマツ90		アカマツ70	アカマツ90	
	高さ m	6.0	6.0		6.0	6.0		7.0	7.0	
生	草本類名	ススキ ササ	ススキ ササ	ススキ ササ	ススキ ササ	ススキ ササ	ススキ ササ	—	—	ササ
	優占度 %	ススキ 70	ススキ 70	ススキ 80	ススキ 70	ススキ 70	ススキ 80	—	—	ササ 70
	高さ cm	100	100	100	100	100	100	—	—	50
造 林 木	樹種	スギ			スギ			スギ		
	品種	タカラスギ			イトシロスギ			在来種		
	実生、さし木	実生			さし木			実生		
	苗令	3年			2年			2年		
	苗長	50			40			35		
植栽年月日		S 48年6月14日			S 49年			S 50年11月12日		
haあたり植栽本数		3,000			3,000			3,000		
植穴の大きさ cm		30×30			30×30			30×30		
活着率 %		100	80	80	100	100	100	100	100	100

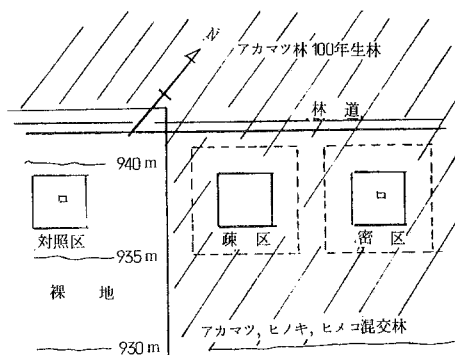
2. 設定方法

アカマツを上木にした場合の下木の凍害防止効果を検討するのが、本試験のねらいであるので、このアカマツの上木の樹冠分布割合を裸地の30%と70%を基準に調節し、裸地と比較できるようにする。

樹冠分布割合の70%を密区とし30%を疎区として、樹下にスギ苗を植栽し、微気象の変化と凍害発生の状況を観察する。



S. 48-49年度設定試験地(下呂)

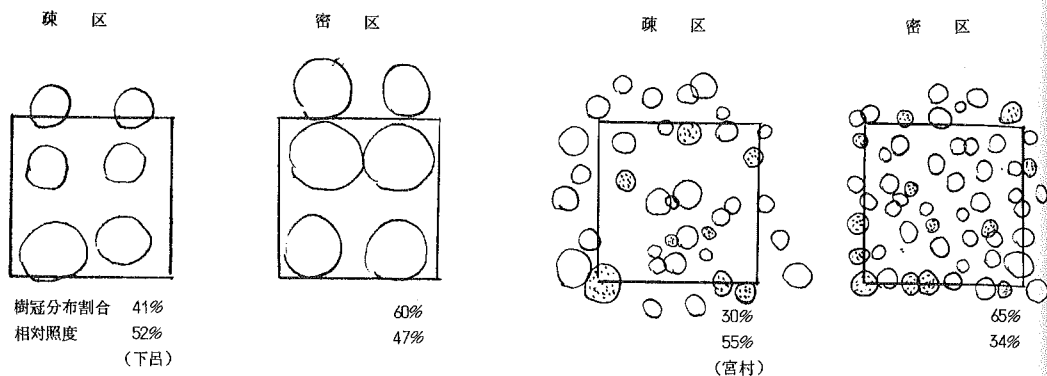


S. 50年度設定試験地(宮村)

図-2. 試験区の配置

試験区は、図一2に示すように配置し、面積は1区を1,000㎡とり、周辺効果を受けることの少ないように、ほぼ同一環境に設定し、林内の明るさは、照度計を用いて測定する。

下木植栽のスギは、3,000本/haとし、方形の普通植えで、肥培はしない。また、下刈りは全面刈払いとし、地拵えも同様である。



図一3. 樹冠分布面積と割合(標準地面積10×10㎡)

試験区の樹冠分布については、試験地の事情により、必ずしも30%と70%に調節することはできなかったが、間伐と枝打ちによって、図一3に示すように疎開させた。

3. 調査方法と項目

調査は、各試験区内のほぼ中央に、最小400㎡の調査区を設定して、次の事項について行なう。

1) 地形

海拔高、方位、傾斜度、斜面上の位置、地形図

2) 地質、土壌

地質、母材、土壌型、堆積様式、A層の厚さ、土壌の厚さ、土性

3) 植生

主な種類、優占度、高さ

4) 保護樹の林分構成

林分、樹高、枝下高、樹冠幅、密度、胸高断面面積、樹冠投影図

5) 造林

地拵え方法と持期、さし木実生別、品種系統、苗令、苗高、植栽年月日、植栽方式、本数、植え穴の大きさと深さ

6) 微気象

地上150cmと50cmの高さにおける気温(最高、最低)、湿度、風向(対照区のみ)、風速、土壌凍結深、積雪深

7) 照度

照度の推移

8) 樹冠投影図

樹冠分布

9) 造林木の被害状況

凍害の被害型(全枯れ、胴枯れ、上半枯れ、頂端枯れ、枝枯れ、芽枯れ)

寒風害の被害型(全枯れ、上半枯れ、片枝枯れ、枝枯れ、枝先枯れ、梢枯れ)

10) 造林木の活着と生長
活着率，樹高生長，肥大生長

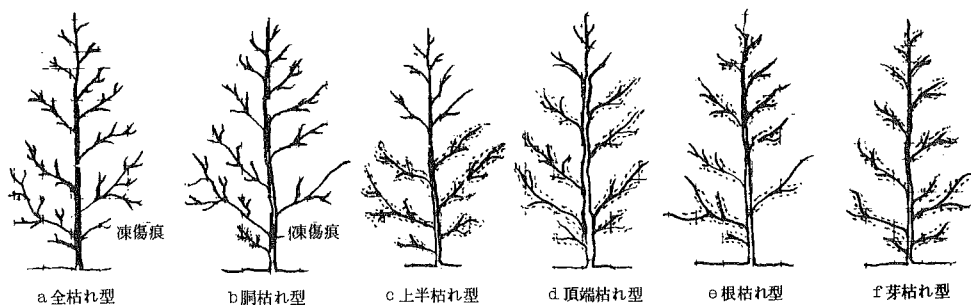


図-4. 被害型の分類

被害型の分類は，図-4に示すような被害症状を基準にして肉眼観察した。

III 試験の結果

1. 昭和48年度の試験結果

前述の設定方法に従い，昭和48年4月に試験区を設定し，スギ実生苗3年生タカラスギを主に一部，2年生さし木苗イトシロスギを使用した。

各試験区の微気象については，12月から3月にかけて，密区と対照区に百葉箱を設置し，自記温湿度計により地上150cmの温湿度を測定し，さらにルサフォード型最高温度計と最低温度計により週間の最高最低温度を測定した。また，地上50cmには，V字型最高最低温度計を設置し，全試験区の植栽木の高さに相当する位の最高最低温度の極値をとらえた。

対照区については，風向と風速を1日に3回，4か月間にわたって観測し，月別の風向頻度と平均風速をもとめた。また，土壤凍結深については，各試験区とも25地点の観測をして平均土壤凍結深をもとめ，同時点で各月の林内照度を測定した。

11月には，活着調査と生長量を測定し，一部枯損したものは，精英樹益田2号さし木苗を補植した。

1) 微気象

最高，最低気温の月旬別の平均値は図-5に示すとおりで，密区と対照区の間に1～2℃の違いが認められた。最高気温で

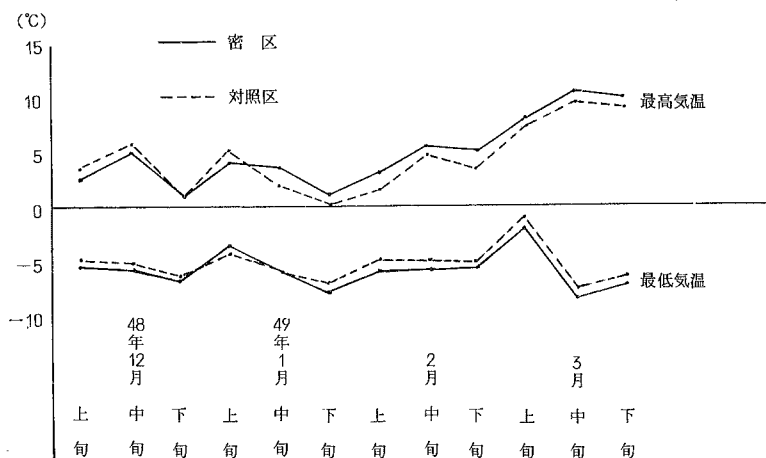


図-5. 最高最低気温の月旬別平均値

は、1月中旬以降密区の方がやや高い傾向を示し、最低では、対照区がやや高く推移した。また、ルサフォードとV字型最高最低温度計により観測した極値については、図-6に、平均湿度については、図-7に示した。

地上150cmの最高と最低気温の極値では、いずれも密区が対照区よりやや高めで、その差は最高気温で0.3~3.1℃、最低では0.1~1.0℃であった。また、地上50cmの高さにおける観測では、密区と疎区の間には差はないが、密区と対照区の間には最高気温で0.5~4.0℃、最低気温で0.2~1.5℃のかなりの差があつていずれも前者が高く推移し、しかも地上150cmの高さに比べて、厳寒期の最低気温は、対照区で1.0~2.0℃低い。また、温度較差も地上150cmの高さよりもやや大きい傾向がみられた。

平均湿度については、1月下旬から3月中旬にかけては、やや対照区が高いが、その外の時期については、試験区間の差異は認められなかった。

土壌凍結深については、12月から3月まで毎週1回測定し、平均した値を図-8に示したが、これからも明かなように、凍結期間は大体12月下旬から2月中旬までで、それ以降における凍結は認められなかった。また、凍結深の最も大きい時期は1月下旬にあり、対照区は15cmに達したが、密区では3cm、疎区では1cmにしかいたらなかった。密区と疎区の間にはほとんど差はないが、対照区と比較すると、明らかに凍結期間も短かく、凍

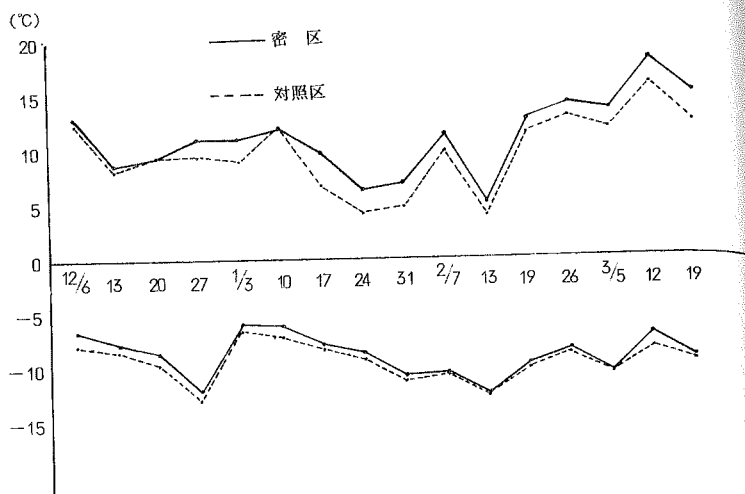


図-6. 地上150cmの高さにおける最高、最低の極値(48→49)

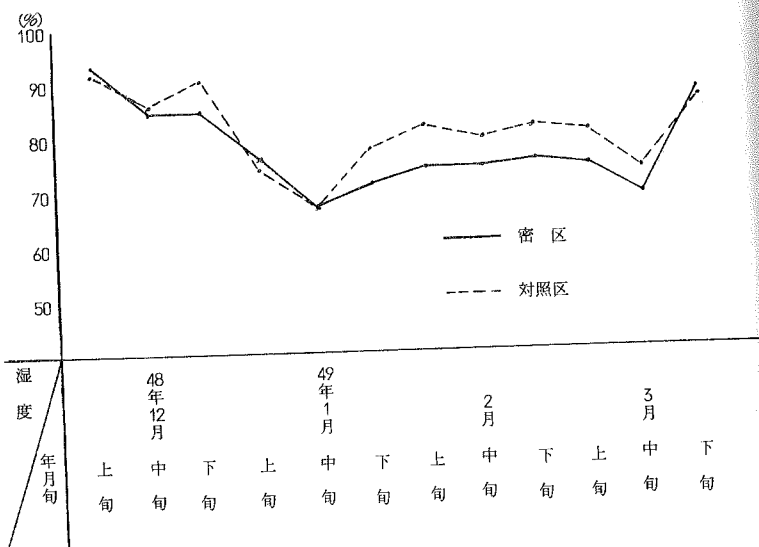


図-7. 月旬別の平均湿度

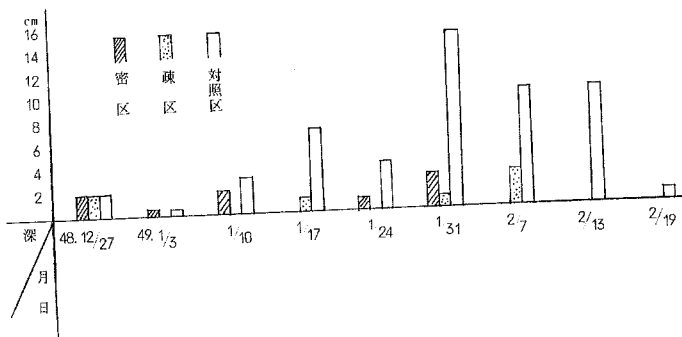
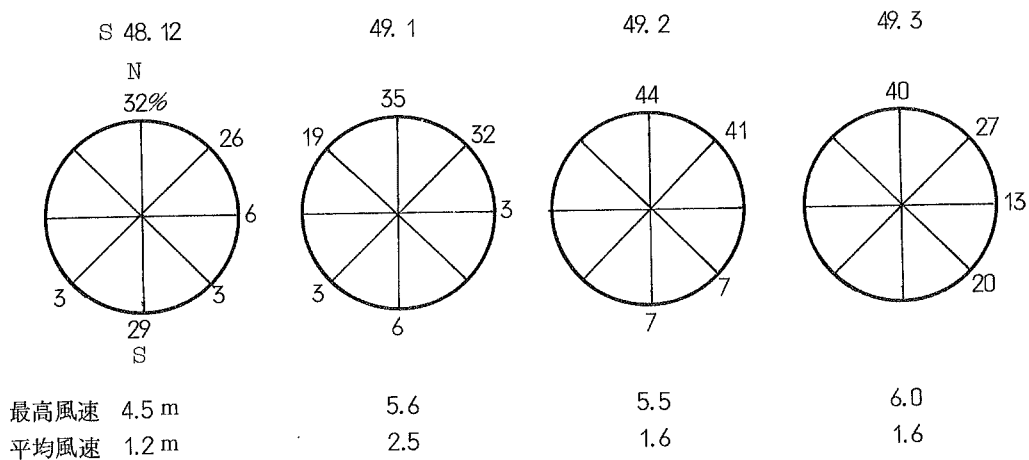


図-8. 土壌凍結深

結深度も浅い。

風向と風速については、図一9に示すように、Nが32~44%でもっとも多く、風速では平均で1.2~2.5 m/sec、最高は6 m/sec程度あった。



図一9. 月別風向と最高、平均風速

2) 樹冠分布面積と林内照度

図一3に、アカマツ上木の樹冠分布割合と林内照度を示したが、密区の樹冠分布割合は60%に、疎区は41%であった。しかし、この林内照度は、密区が47%で、疎区は52%であった。

立木度は、密区が470本で疎区が430本であるが、採種園ということもあって、整枝や剪定を繰返しており、この影響もあって、林内照度の違いが小さくなったものである。

3) 造林木の生長と被害状況

生長と被害状況については、表一3に示すとおりであるが、活着率については、秋季調査の結果によると、対照区100%区で密区と疎区がそれぞれ80%であった。

表一3. 昭和48年度試験地の生長と被害

項 目	密 区	疎 区	対 照 区
S. 48. 6 植付本数	132 本	132	120
平均樹高	29.4 cm	29.0	24.5
S. 48. 11 枯損本数	26 本	26	0
当年伸長量	7.1 cm	5.6	7.0
S. 49. 2 調査本数	114 本	128	116
全 枯	0	0	1 (1)
胴 枯	0	0	0
枝 枯	4 (3)	1 (1)	22 (18)
芽 枯	1 (1)	2 (2)	17 (14)
無被害	127 (96)	129 (97)	80 (67)

注： ()内は被害率

このことは、一般的に考えて、逆のように思われるが、植付時の苗木の状態に一部原因があったので

はないかと考えられる。植付当年の樹高生長にも当然ある程度の影響がでていると考えられたが、調査データからは、解析することができなかった。

被害の発生状況についてみると、対照区の裸地には、枝枯れを主とした寒害が33%発生しているのに対し、密区と疎区では、わずかに2~3%であった。このことは、上木の保護作用によって、微気象が緩和されたことによるものと考えられる。つまり、最低気温の極値では対照区は密区に比較して1~2℃常に低く、しかも、最高5~6mの風が吹いているのに対し、アカマツ林内では、これの $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{2}{3}$ 程度の風しかあたっていないために、強制蒸散は抑制されいわゆる寒風害をまぬがれたものと考ええる。

2. 昭和49年度の試験結果

前年度設定した試験地内に、並べて新たに3年年実生スギ苗を植栽し、供試した。

林内の状況、ならびに設定方法は、昨年度と同様であり、微気象についても同じ方法で観測した。

1) 微気象

最高と最低気温の月旬別の平均値は、図-10に示すが、前年度とほぼ同様の傾向が見られる。つまり、

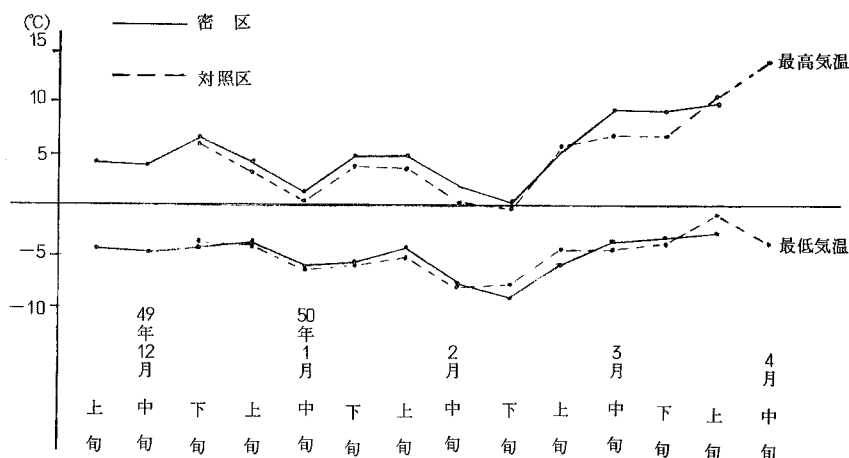


図-10. 最高最低気温の月旬別平均値

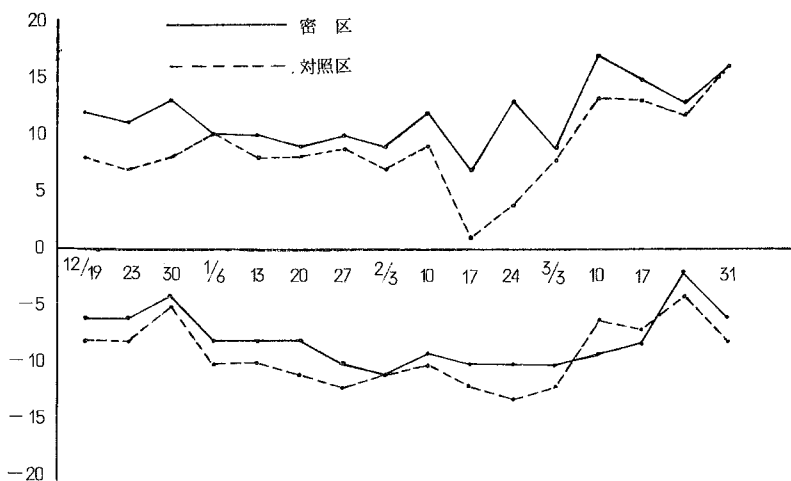


図-11. 地上50cmの高さにおける最高、最低気温の極値(49→50)

最高気温は、密区の方が全般にわたってやや高く、最低気温では、密区と対照区が交叉しており、とくに密区が低いという傾向は認められない。

しかし、地上50cmの高さにおける、最高最低気温の極値についてみると、密区と疎区の間にはかなり大きな差が認められ、なかでも12月中と、2月中旬以降における温度差は、著しく大きい。150cmの高さにおける、気温の推移から見て、対照区の最低気温の極値は密区に比べて全般に低かったことがわかる。

図-10に比較して図-11に示す極値ではこのことが、はっきりと認められる。

林内温度についてみると、12月から1月下旬にかけては、全体に80%以上に推移しているが、2月以降については、急激に低下し、とくに対照区の湿度は最大10%程度密区より低い。このことは、降水量

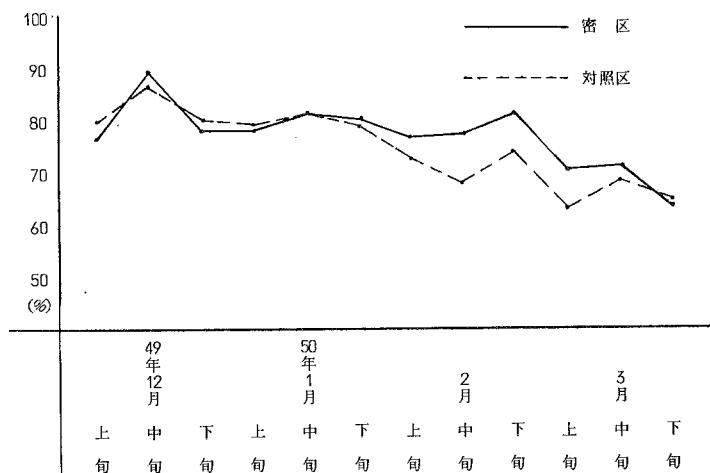


図-12. 月旬別の平均湿度

とも関係があり、12月から2月にかけて降水量が月に100mm前後しかなかったことにもよると考えられる。

土壌凍結については、12月から3月までを通じて、2~4cm程度の凍結深の期間が、通算2か月間たらずあった。しかし、この程度の土壌凍結では、いわゆる寒風害の常習的な地方におけるような被害の原因とまではいたっていないものと思われる。

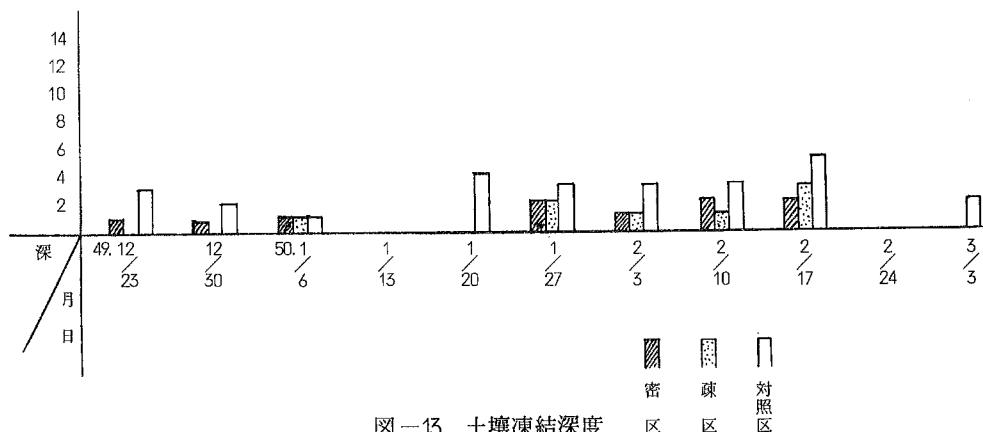
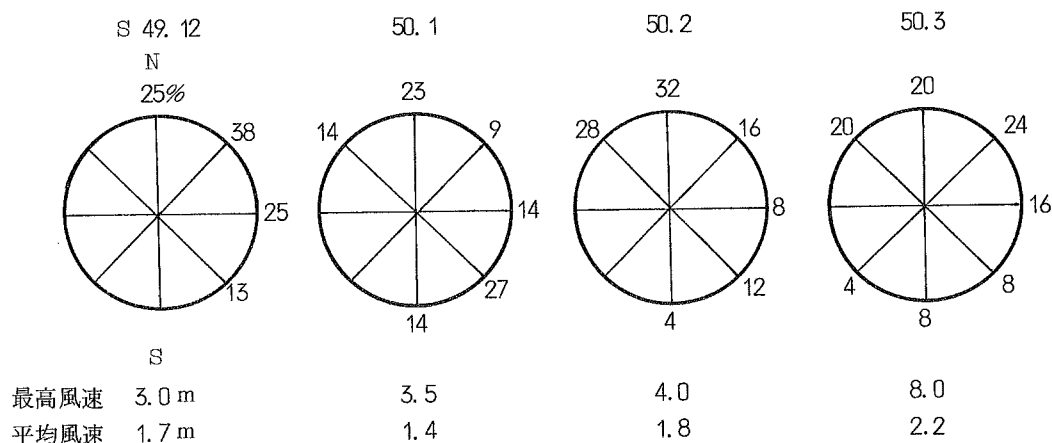


図-13. 土壌凍結深度

風向については、前年とほぼ同様な傾向で、50~70%がNまたはNW, NEの方向にある。また、最高風速は3~8mあり、とくに、2~3月の風速が大きい傾向がある。



図一14. 月別の風向と最高、平均風速

2) 樹冠分布と林内照度

樹冠分布については、前年度と同一試験地を使用したので、省略したが、林内照度については、10%程度の低下が見られたので、一部整枝と剪定によって調節した。

3) 造林木の生長と被害状況

前年度、設定した試験地の伸長率は、表一4にしめすとおりで、林内照度の低い密区は105%でしかないのに、疎区では135%、対照区では183%であった。このことから明らかなように、上木の被覆によるマイナス効果は、下木の生長を著しく抑制するという形で現われている。

表一4. 造林木の生長

項 目	試 験 区		
	密 区	疎 区	対 照 区
S. 48設定			
48. 11 樹 高	36.5	34.6	31.5
49. 11 樹 高	67.5	73.6	76.4
伸 長 量	31.0	39.0	44.9
伸 長 率	105	134	183
S. 49設定			
49. 4 植付本数	129	128	119
49. 11 樹 高	40.4	40.6	42.1

49年度に設定した、スギの生長については、ほとんど認められなかったので調査しなかった。

被害状況については、表一5に一括して示したが、被害の程度は、前年度よりかなり高く、対照区は48年設定区が67%、49年度は63%であった。これに対して、密区や疎区のいわゆる樹下植栽区では、6~20%までの被害率しかなく、いずれも上木による保護効果によるものと考えられる。

上木による林内微気象の緩和については、これまでの調査でもある程度明らかとなってきたが、最高気温の上昇を抑制することによって、温度較差を小さくしているということ、また、風を減速すると同時に、遮光によって林内の乾燥を防いでいること、さらに、上木の地表被覆は、地温の放熱をさまたげるため、土壌凍結をおさえてやり、これらの相乗的な効果によって、寒害の発生を防いでいるものと考えられる。

表-5. S. 48, 49設定試験地の被害状況

調査項目	試験区	密区	疎区	対照区
S. 48設定				
50. 4 調査本数	114	128	116	
全 枯	0	0	0	
胴 枯	0	0	1(1)	
枝 枯	21(18)	26(20)	76(65)	
芽 枯	0	0	1(1)	
無被害	93(82)	102(80)	38(33)	
S. 49設定				
50. 4 調査本数	125	106	111	
全 枯	0	0	0	
胴 枯	0	0	6(5)	
枝 枯	14(11)	6(6)	63(57)	
芽 枯	2(2)	0	1(1)	
無被害	109(87)	100(94)	41(37)	

注： ()内は被害率

3. 昭和50年度の試験結果

今年度は、あらたに試験地を大野郡宮村刈安峠の海拔1,000 mの林地に設け、寒害防止効果について繰返し試験を実施した。

試験地の位置ならびに、その概要については、前述のとおりであるが、前年までの試験地とは、条件をかえて、位山分水嶺上の地点で、これまで造林を実施したが、凍害のため成林しなかったところを選定して試験地を設定した。

宮試験地は、10数年前に一度ヒノキを植栽したが、これが寒害その他の原因で成林せず、ほとんどが枯死してしまい、現在は、アカマツを主とし一部にヒメコマツとヒノキが入った混交林となっている。

アカマツ林の間伐については、設定基準にもとづいて伐採し、樹冠分布面積割合を密区で65%に、疎区を30%に調節した。林内照度は、それぞれ設定時34%と55%であった。

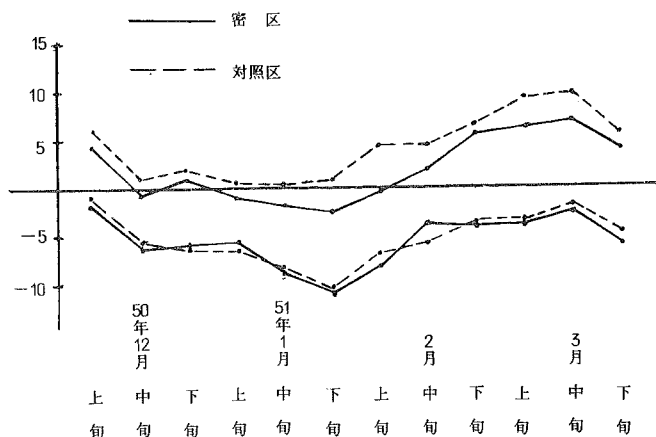
供試苗は、スギ実生2年生のポット苗を使用し、植付け条件による枯損を防いだ。林内の微気象については、前年とほぼ同様であるが、宮試験地については、積雪地帯であるため、若干の調査内容に変更がある。

1) 微気象

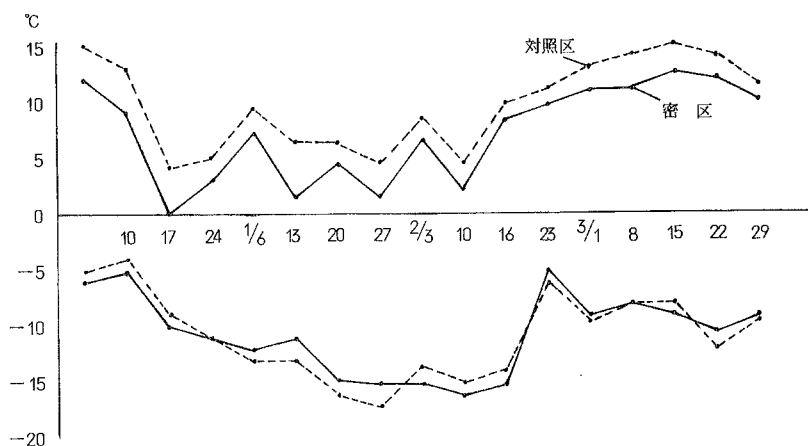
最高、最低気温の観測値は、図-15に示したが、高海拔の寒冷地とあって、下呂試験地とは5℃程度低く、全般に寒冷であることがうかがわれる。

最低気温は、密区と対照区の間ほとんど差が認められないが、最高気温については、試験区間の較差がはっきりあらわれている。つまり、上木による被覆が直射をさえぎり、気温の上昇をさまたげた結果によるものと考えられる。

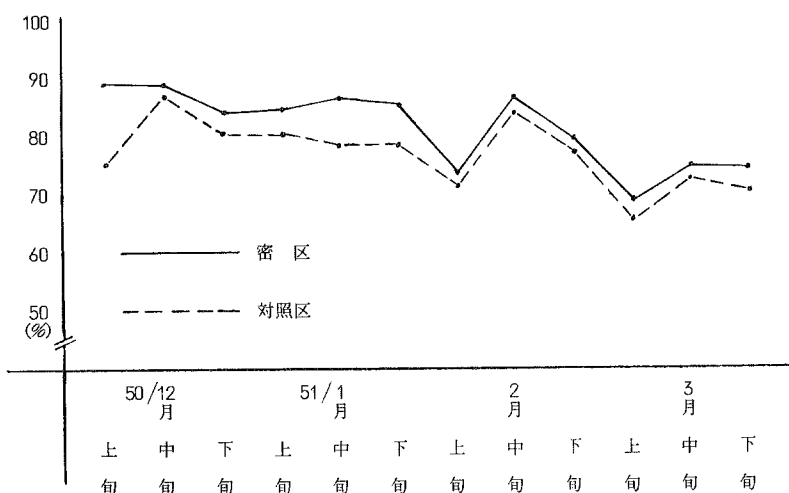
最高、最低の極値についてみても、図-16に示すように、ほぼ同様の傾向をしており、最低気温の極値では、試験区間の差は小さいが、最高の極値では12月から3月までの期間を通じて、常に対照区の方が2～5℃も高く、それだけ、温度較差も大きいことがわかる。20℃以上の温度較差が認められるのは、密区でわずか4回しかないのに、対照区では9回も観測された。



図一15. 最高最低気温の月旬別平均値



図一16. 最高、最低気温の極値(50~51)



図一17. 月旬別の平均湿度

湿度の変化についてみると、密区のそれは、対照区に比較して常に3~15%も高く、林内の乾燥が抑制されていることがうかがわれる。時期的な変動についても、図一17に示すように、12月~1月下旬にかけては、平均湿度は80~90%と高いが、2月上旬からは波がみられ、3月に入ると70%程度にさがっていることが観測された。

土壌凍結については、宮試験地が多雪地帯であるということと、根雪の前後にも寒風が吹かないために、いわゆる土壌凍結がほとんど認められず、従って測定はしなかった。しかし、積雪状態については図一18に示すように観測した。この図からも明らかなように、密区は、対照区よりも最深積雪は約40cm少なく、積雪深の増加や減少のカーブが比較的なだらかなのである。



図一18. 積雪深の推移(50~51)

最低気温を記録した1月下旬では、40~80cmの積雪にみまわれており、植栽木はスッポリ雪の下に入っているので、雪による保護を大きくうけている。しかし、2月下旬以降は、10cm以下の積雪深となり、植栽木もほとんど露出するので、寒害の発生は、3月に入ってからと考えられる。

また、宮試験地での観測では、12月から3月までを通じて、ほとんど北方向からの風がわずかに吹く程度で、1~2mの風速も観測できなかった。従って、わずかに肌に感ずる程度の微風があったということである。

2) 樹冠分布割合と林内照度

試験区内標準地の樹冠分布割合と林内照度については、図一3にしめすとおりで、アカマツとヒノキ、ヒメコマツの混交林を間伐して、調整した。

アカマツ、ヒノキ、ヒメコマツの平均樹高は約7m、平均胸高直径は10cm、平均枝下高は3m、クローネ直径は1.5m程度である。

林内照度は、11月の設定時に密区が34%、疎区が55%であった。

3) 造林木の被害と生長

昭和51年4月下旬の被害調査においては、表一6にしめすような被害率であった。この表からも明らかなように、対照区の被害率84%に対し、疎区47%、密区23%であった。

被害型からすると、芽枯れというものは少なく、枝枯れ型がもっとも多い。また対照区のなかでは胴枯れ型が35%も発生していることから、宮試験地の寒害は、いわゆる凍害によるものと考えられる。

この凍害の発生時期については、観察結果からして、3月の融雪期に集中しているものと言えよう。つまり、融雪水によってぬれた樹体の根元部位が、夜間の低温によって凍結し、胴枯れもしくは全枯れという致命的な被害を引き起したものである。

樹体の根元部の剥皮調査によって、このことは確認されており、飛驒地方にこれまで多く発生している凍害のタイプと同一のものである。

表一6. 50年設定試験地の被害状況

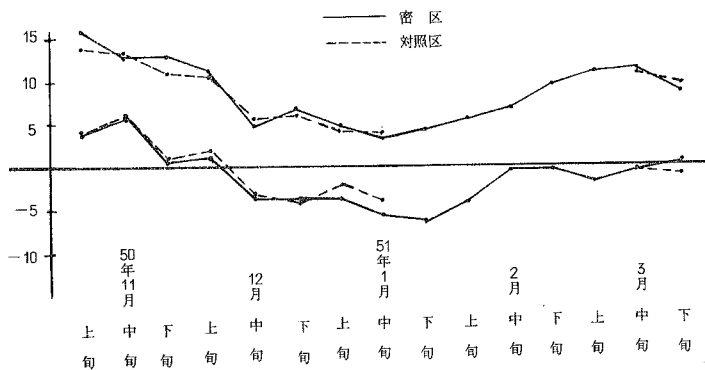
項 目	試 験 区	密 区	疎 区	対 照 区
S. 50設定				
51.4 調査本数		98	99	97
全 枯		0	3(3)	7(7)
胴 枯		0	5(5)	34(35)
枝 枯		20(21)	33(34)	37(38)
芽 枯		2(2)	5(5)	4(4)
無被害		75(77)	51(53)	16(16)

注： ()内は被害率

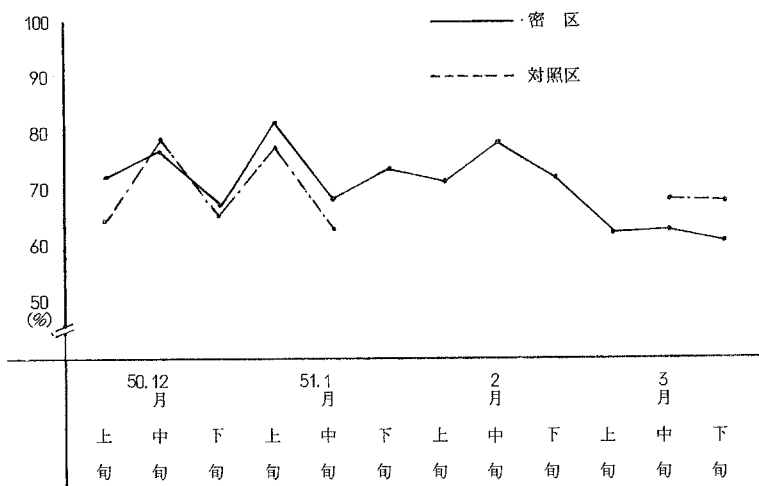
生長については、植栽が前年秋であることから、全くなく、今後の調査に俟たなければわからない。

4) 下呂試験地の調査結果

昭和48年度と49年度に設定した試験地の継続調査を前年度と同様に実施したが、その結果は、図一19, 20, 21, 22, 23に微気象を、被害状況と生長については、表一7, 8に示した。



図一19. 最高最低気温の月旬別平均値



図一20. 月旬別平均湿度

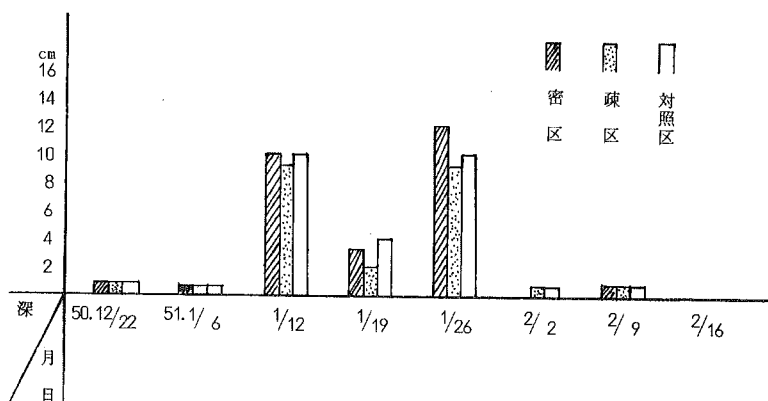


図-21. 土壤凍結深

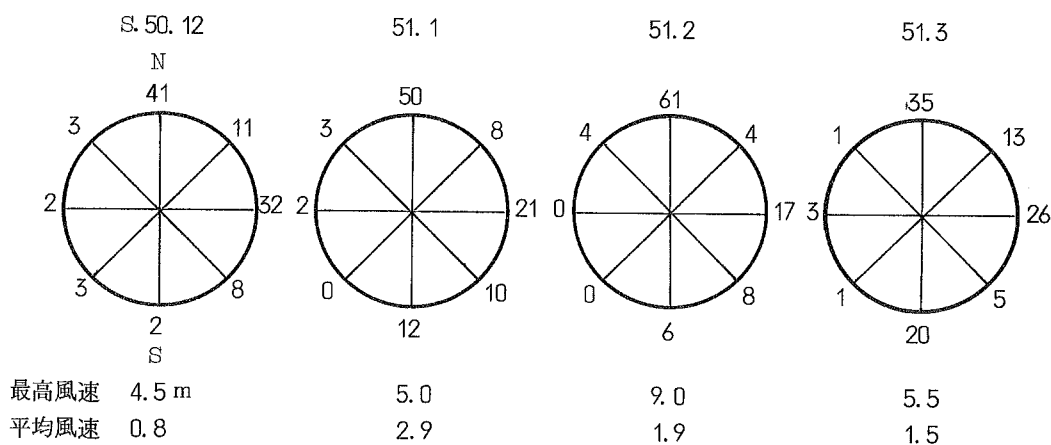
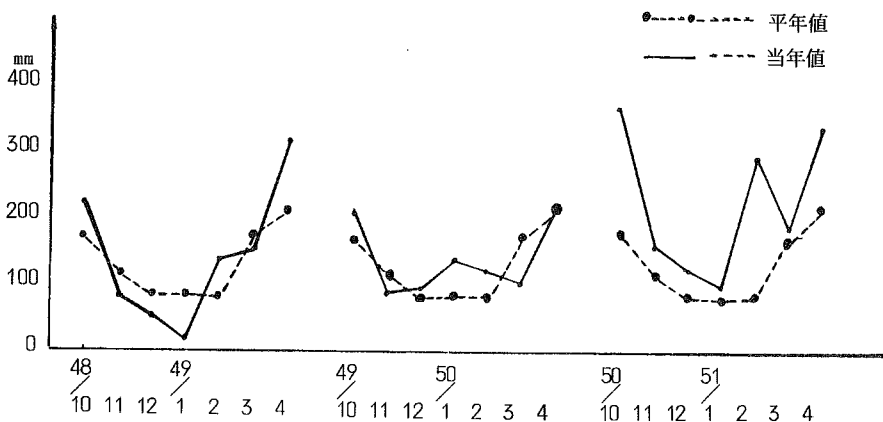


図-22. 月旬別風向と最高、平均風速



下呂町 標高363 m, 試験地から3.6 km

図-23. 年、月別降水量

表-7. 造林木の被害状況

項 目	試 験 区	密 区	疎 区	対 照 区
S. 49設定				
51. 4 調査本数		123	103	105
全 枯		0	0	0
胴 枯		0	0	0
枝 枯		0	1(1)	7(7)
芽 枯		0	0	2(2)
無被害		123(100)	102(99)	96(91)

注： ()内は被害率

表-8. 造林木の生長

項 目	試 験 区	密 区	疎 区	対 照 区
S. 48設定				
50. 11 樹 高		10 101.2	103.8	113.0
根 元 径		1.59	1.36	2.35
伸 長 量		71.8	74.8	88.5
伸 長 率		244	258	361
S. 49設定				
50. 11 樹 高		61.7	63.1	52.5
根 元 径		0.73	0.90	0.85
伸 長 量		21.3	22.5	10.4
伸 長 率		53	55	25

微気象の観測結果は、前年とほぼ同じような傾向を示しており、一部観測器の故障で完全な観測はできなかったが、とくに異常な微気象の変化は認められなかった。土壌凍結も最高10cm程度に達しているが、凍結期間は、1か月たらずで短い。風向、風速についても、前年度と大差はなかった。

しかし、被害状況については、昭和48年度設定の試験地には全く認められず、対照区でも寒害に対する抵抗力が十分に高まっているものと推測される。前年の49年度に設定した試験地では、対照区にわずか9%の被害を認めたにすぎず、これも、寒害に対する抵抗力がかなり高まっている結果と考えられる。

造林木の生長については、50年11月の調査で、植栽後、3か年を経過した試験地の生長は、密区の伸長率は対照区の約70%しかない。この生長減退は、皆伐一斉造林に比較すると大きい、良質材生産という観点からするとむしろ理想的といえよう。

IV 考 察

1. 上木アカマツの林内微気象におよぼす影響

3か年の継続した林内微気象の観測結果を総合してみると、上木アカマツの林内の微気象におよぼす影響は、ある程度明らかとなった。

つまり、気温については、一般に上木があることによって僅かに低下するが、上木の密度が低い場合は、その影響は小さい。樹冠の分布割合が60%以上で、林内の相対照度が40%以下の林内においては最高気温の極値で2.5~5.0℃ぐらい裸地よりも低くなるが、相対照度が50%以上の林内では、地形的な影響の方が強くあらわれ、裸地よりもむしろ高くなる場合が生じてくる。

最低気温についてみると、最高気温の場合より上木の影響が小さく、無風か弱風地帯では、ほとんど林内と裸地の間に差はないといってよい。他県の調査資料においても、このことは実証されており、年度や時期によって、裸地の方が低い場合もあるが、極値で-5°の差が記録された例はほとんどない。

従って、温度較差は、最高気温の高い裸地の方が当然大きくなり、林内との比較では、3~5℃程度の差が生ずる。

林内の湿度については、雨量との関係もあるが、冬期間を通じて一般に林内が5%程度高く推移している。しかし、年による変動もかなりあり、時期によっては、平均湿度線が交差することもある。

土壤凍結については、林内は明らかに浅く、年によっては、最高10cm程度も少ないことが観測された。しかし、これは、少雪地帯であって、積雪地帯では、土壤凍結は殆んど認められない。

風向については、季節風が北であるが、地形的なものもあり、林地によって、ほぼ決まってくる。しかし、林内の風速については、明らかに裸地よりおそく、減速効果は60%以上あることが確認されている。

以上のように、上木としてアカマツが、60%程度の樹冠分布割合にある場合は、林内の微気象は総合的にかなり緩和されることが認められた。

2. 上木アカマツの疎密度と林内照度について

上木の樹種やその疎密度によって、季節別の林内照度は当然異なるが、樹種については、これまで検討されたものは少なく、僅かに、広葉樹について新井や堀内らが試験した例があるにすぎない。

クヌギを主とした崩芽林で林令9年生の場合、樹高5~6mで、立木度は、疎、中、密区それぞれhaあたり約3,000, 4,500, 6,000あり、この林内の相対照度は、夏季でそれぞれ、24%, 18%, 5%ある。しかし、冬季の落葉時には、80%, 75%, 70%にまで高まる。

アカマツを上木とした林内に植栽した例は多く、林内照度の推移もかなり詳しく調査されているが、樹高や立木度によって、林内の微気象もかなり大きく異なるものと考えられるので、照度はもとより風、気温の変動について、さらに検討を加える必要がある。

林令10~15年で樹高5~6mの比較的若いアカマツ林の場合、立木度が4,000本あれば、林内の相対照度は30~40年しかないが、haあたり2,000本程度に疎開させれば、50~60%の相対照度を確保することができる。しかし、若い林の場合、生長が旺盛であり、僅か1か年の経過で、林内の明るさは半分以下となる。従って、樹下植栽した場合、枝打ちもしくは間伐を行なって、最低30~40%の相対照度を確保しなければならない。

3. 造林木の生長と被害

昭和48年春に設定した試験地について、3か年間の継続調査の結果は、表一3, 4, 8に示すとおりで、この表からも明らかなように、植付当年の伸長量には差はなく、伸長率で20~30%程度である。

しかし、2年目になると、対照区の裸地は183%を示すのに対して、密区と疎区ではそれぞれ105, 134%とかなり低下してくる。3か年間の伸長率についてみると、対照区と密、疎区の間はさらに大きくなり、361%の裸地に対して林内では、244, 258%と差は広がって行く。

日陰下における樹木の生長については、これまでかなりの調査例があるが、相対照度が5%程度では、伸長量は10cm以下となり、枯死するか、やっと生存するくらいであることが明らかにされている。

早稲田らによると、年伸長量を30cm以上を確保するためには、林内の明るさを裸地の30%ぐらいには調整しないと難しいとしているが、アカマツ林下においても、ほぼ同様な傾向が認められる。

従って、アカマツ林下にスギを植栽した場合、少なくとも、林内の相対照度を30%には保つ必要があ

ろう。

被害状況については、植栽当年と翌年までが凍害をうけ易く、3年目になるとほとんど被害はうけなくなる。48年度設定の対照区における当年と翌年の被害率は、33%、67%と高率を示すが、3年目は全く認められなかった。49年度の設定当年における対照区の被害率は63%を示しており、50年度は、宮村試験地で、84%という被害率を記録している。

これらに対して、林内の被害率は、48年度の密区と疎区は4%と3%、2年目は18%と20%、49年度では13%と6%、50年度の宮村試験地で、23%と47%といずれも、対照区の裸地に対して、被害率は半分以上を示している。なかでも、49年度の下呂のように、裸地の4分の1～5分の1の被害率を示す年もある。

いずれにしても、凍害の発生が常習的な地域の造林をする場合には、アカマツを上木とした樹下植栽ができれば、凍害を確実に防いで、成林させることができる。この場合、上木の閉さ度は、60%ぐらいは必要で、植栽後3～4年したら上木を漸次疎開させて、下木の生長を促進してやらなければならない。

また、ある程度疎開した林でも、これを利用して下木植栽すれば、被害をうけても軽度ですみ、全枯れのような被害は少なくすることができる。

4. アカマツ林下にスギを植栽した場合の保護効果

寒害防止のための樹下植栽は、これまですでに千葉県の上武林業はじめ東北各地で行なわれており、凍害や寒風害の防止効果の高いことは、広く認められているが、どの程度の効果が、どういう理由であるのかは、数量的に示されたものはあまりない。

広葉樹林を上木とした場合の寒風害ならびに凍害防止の効果については、新井や堀内らによってすでに報告されているが、アカマツ林を上木とした試験例としては、昭和48年度から3年間、国補メニュー課題として実施した、試験が画期的なものである。

青森、岩手、福島、群馬、埼玉、岐阜の6県が、同一設計で実施した試験の結果は、すでにとりまとめられたが、このなかで、共通的に認められることは、アカマツを上木とした場合の寒害防止効果の大きいことである。

上層アカマツ林の林分構造は異なっても、下木の寒害は著しく低下しており、上層木による保護効果の大きいことが認められる。

そこで、寒害防止の効果を高めている原因についてであるが、これまで徳重や土井、堀内らが述べているように、上木によって、林地がおおわれているため、裸地に比べて、日中の輻射熱は上らず、従って、日中と夜間の温度較差は林内の方が小さくなる。また、風の減速効果が意外と大きく、裸地の約60%以上あることにより、林内の空中湿度の低下を防ぎ、同時に夜間の放熱をさまたげて、土壌凍結を著しく抑制している。とくに寒風害の発生が常習的な地帯では、これらの効果により、被害を極度に低下させたものと考えられる。

しかし、凍害の発生が常習的な地帯では、2～3℃の温度較差だけで、これほど大きな凍害の防止効果が生ずるとは考えられず、むしろ、光条件の影響が大きくなるのではないかと推測される。

つまり、林内の相対照度が裸地の30～40%に調整された林分では、下木として植栽されたスギは、裸地にあるスギよりも早く休眠状態に入るのはないかということである。この休眠状態に入ったスギは裸地よりもおそくまで休眠からさめず、従って、耐凍性の低下するのが遅くなるのではないかと考えられる。

凍害の発生する時期は、厳寒期ではなく、晩秋から初冬にかけてと、初春に発生が集中していることから、この時期における、裸地と林内の造林木について、その休眠と耐凍性について、いま一度検討する必要がある。

あとがき

アカマツ林下にスギを植栽した場合の凍害防止効果については、ある程度証明することができたと思うが、この理由について、いま一つ追求することができなかったのは残念である。

従って、光や休眠と耐凍性の関係については、苗畑における日陰格子下に植栽したスギ、ヒノキの苗木を用いて実験する予定である。

複層林の造成がさかんに行なわれるようになった今日、下木植栽の利点を明らかにしておくことは、極めて重要な意味をもつので、早急に実験することが必要である。

天然性のアカマツ林は、岐阜県下に数万haの広がりを持っており、これらを効果的に利用することができれば、造林の推進に大きく寄与することができると確信する。

文 献

1. 新井 篤・田中貞雄・安盛 博：林木の寒害防止に関する研究(5報) 広葉樹の伐りのこし防風帯による寒害防止試験(1) 群馬県林試報(第5号) 昭40年度
2. 新井 篤・安盛 博：林木の寒害防止に関する研究(7報) 寒害の地帯区分 群馬県林試報(第7報) 昭42年度
3. 新井 篤・安盛 博・近藤次雄：林木の寒害防止に関する研究(8報) 広葉樹の伐りのこし防風帯による寒害防止試験(2) 群馬県林試報(第8号) 昭43年度
4. 新井 篤・阿久沢清久・近藤次雄：林木の寒害防止に関する研究(9報) 樹下植栽による寒害防止についての試み 群馬県林試報(第9号) 昭44年度
5. 新井 篤：林木の寒害防止に関する研究(10報) 樹下植栽による寒害防止(2) 群馬県林試報(第10号) 昭45年度
6. 堀内孝雄・猿田四郎：樹下植栽による凍害防止試験 茨城県林試業報 昭46年度
7. 新井 篤：林木の寒害防止に関する研究(11報) 樹下植栽による寒害防止(3) 群馬県林試報(第11号) 昭46年度
8. 東方喜之：混植による寒害防止試験 岐阜寒林試業報 昭48年度
9. 森本勇馬・山口 清・白田卓二：混植による寒害防止試験 岐阜寒林試業報 昭49年度
10. 戸田清佐・山口 清・森本勇馬：混植による寒害防止試験 岐阜寒林試業報 昭50年度
11. 笹沼たつ：スギの凍害と上方からの遮光との関係 日林誌 No.53 1971 第1号 P22~25