

スギ, ヒノキ材の葉枯らし,  
巻枯らし等林内乾燥試験

# スギ・ヒノキ材の葉枯らし、巻枯らし等林内乾燥試験 —林内乾燥法の確立—

## I 試験担当者

木材部乾燥研究室長	鷲見 博史
木材部乾燥研究室	佐藤 庄一
同上	齋藤 周逸
木材部加工技術科長	中野 達夫

## II 試験目的

木材需要の低迷状態を開拓するため、林野庁は昭和59年6月、「国有林野事業の改善に関する計画」を策定し、昭和60年度から実施されることになった。改善計画はいくつかの課題より成るが、中でも「需要動向に即した生産・販売の推進」は重要な柱の一つになっている。これに呼応して各営林署では、ユーザーのニーズに合った良材を提供して行くことが肝要であるとして、葉枯らし材の生産を段階的に拡大、推進し、これによって含水率が低く揃い、しかも色つやの良好な素材を販売して行くことを目指している。

葉枯らし施業についてはすでに戦前から有名林業地等で実施されているが、系統的に究明した技術資料の集積に乏しく、作業の方法や葉枯らしの効用に対する評価も各地区でまちまちである。とくに評価については、多くの場合、単に経験的または主観的なものが風評として伝えられているに過ぎない。

今後国有林が葉枯らし材の生産を発展的に推進して行くにあたり、作業の基準や指針などいわば統一的なマニュアル作りが急がれ、このために必要な具体的資料を実験によって得るのが本試験の目的である。

## III 試験の経過と得られた成果

### 1. 試験の時期と試験地の概況

試験の対象樹種は樹齢約70年のヒノキ、スギ造林木で、試験地は東京営林局大子営林署管内に設定した。林分の立木密度は約900本/haである。試験の時期、試験地などの概要を表-1にまとめて示した。なお試験期間の設定に当たっては、虫害を避けるため梅雨期をはずすよう考慮した。

第1回めの試験を実施した59林班ぬ小班(ヒノキ)は、すでに一部皆伐したオープンスペースに隣接しているため、葉枯らし中の原木への通風、陽光の照射は極めて良好であった(写真-1)。また、60林班い5小班(スギ)は林道沿いにあり、葉枯らし材が相当時間日照を受ける位置にあった。

表-1 試験の時期、試験地の概況

回	試験期間	季節呼び名	試験地	対象樹種
1	60.8.1-60.10.14 (74日間)	夏季	59林班ぬ小班 60林班い5小班	ヒノキ スギ
2	61.4.8-60.6.16 (69日間)	春季	59林班ち1小班	同上
3	61.9.16-61.12.4 (79日間)	秋季	同上	同上

注 東京宮林局大子宮林署管内

しかし、地形はやや急峻、狭隘な谷筋のため、伐倒した葉枯らし材の枝葉がやや重なり気味であり、通風条件はヒノキ材の場合よりも不良と判断された。(写真-2)。

第2回目以降実施の59林班ち1小班は、標高約500mの尾根沿い、南西向き斜面の林分で、日照、通風ともおおむね良好である(写真-3)。供試木を間伐的に伐倒した結果、樹冠のうつ閉率は70~80%と推定された。

なお、当該いずれの林分も枝打ちがよく行われており、ヒノキ、スギ材とも枝下高は樹高の60~70%であった。

## 2. 試験の進め方

1~3回のいずれの試験においても、供試材はヒノキ、スギ材とも同数を選んで実施した。すなわち、表-2に示すように、両樹種とも原則として5個体を初期含水率測定用、10個体を葉枯らし用とした。

初期含水率は、伐倒直後に4.0m(ヒ



写真-1 ヒノキ材の葉枯らし  
(第1回目試験)



写真-2 スギ材の葉枯らし  
(第1回目の試験)

ノキ)または3.7m(スギ)に玉切りし、玉切った部分から、厚さ3~4cmの円板を採取して全乾法で測定した。葉枯らし材の含水率は、10個体のうち5個体を約1ヶ月間林内に伐倒放置した後、また5個体を約70日間放置した後、上述のように玉切り、玉切り部分の円板試料で測定した。葉枯らし材はすべて皮つきとした。なお、春季の試験では、枝葉をそのまま付けた状態のまま放置するもの(完全枝葉付き)と下枝



写真-3 ヒノキ、スギ材の葉枯らし  
(第2、3回試験)

表-2 供試木および測定事項

試験時期	供試原木	平均胸高直径(cm)	測定事項	処理	備考
夏季	5本	H:28, S:30	初期含水率	完全枝葉付き放置 同上 立木のまま放置	樹高の約50% 同上
	5本	H:30, S:32	葉枯らし32日後の含水率		
	5本	H:28, S:35	葉枯らし74日後の含水率		
	3本	H:-, S:35	卷枯らし74日後の含水率		
春季	5本	H:28, S:29	初期含水率	完全枝葉付き放置 1/3枝葉付き放置 立木のまま放置	樹高の約50% 樹高の約20% 同上
	5本	H:28, S:32	葉枯らし69日後の含水率		
	5本	H:30, S:30	同上		
	3本	H:-, S:-	卷枯らし69日後の含水率		
秋季	5本	H:28, S:30	初期含水率	完全枝葉付き放置 同上	樹高の約40%
	5本	H:32, S:31	葉枯らし33日後の含水率		
	5本	H:30, S:31	葉枯らし78日後の含水率		

注 H:ヒノキ, S:スギ  
樹齢はいずれも65~75年生  
供試原木数はヒノキ、スギおのの数を示す。

の相当量を除去したもの(1/3枝葉付き)の二種類の処理を行い、他の季節では完全枝葉付き処理のみを行った。

上述したように、葉枯らし材の含水率は玉切った部分の円板試料によって測定したが、葉枯らし中の含水率をより小間隔で測定するため、玉切り時および玉切り時以外の適当な時点で、直径30mmの手廻し式木工錐(リングオーガー)により木屑試料を採取し、これによる含水率も測定した。

葉枯らし材の伐倒方向については、尾根側に伐倒するか谷側に伐倒するかによって乾燥度が異なるとする見方もある。しかし、本試験に先立ち筆者らが他の林分（水戸営林署管内）で予備実験したところ、方向による有意差が認められなかったので、本試験では地形の関係から、おむね横（ほぼ水平）方向に倒置することとした。

さらに葉枯らし試験と平行して、夏季と春季の試験においては巻枯らし試験を実施した。巻枯らしはヒノキ、スギ材各3個体について行い、地上高約30cmの箇所においてチェンソーで円周状（幅約20cm）に辺材部を心材深さまで切除した後、立木の状態で放置した。

### 3. 樹高方向の初期含水率

春季および秋季にヒノキ、スギ材各5個体を伐倒した後3番玉まで玉切りし、玉切り箇所ごとに厚さ3~4cmの円板を採取し、辺材部、心材部および円板全体の平均の別に初期含水率を測定した。測定結果を図-1, 2に示す。季節別に見ると、ヒノキ材では春季と秋季とで初期含水率にほとんど差がないといえ、

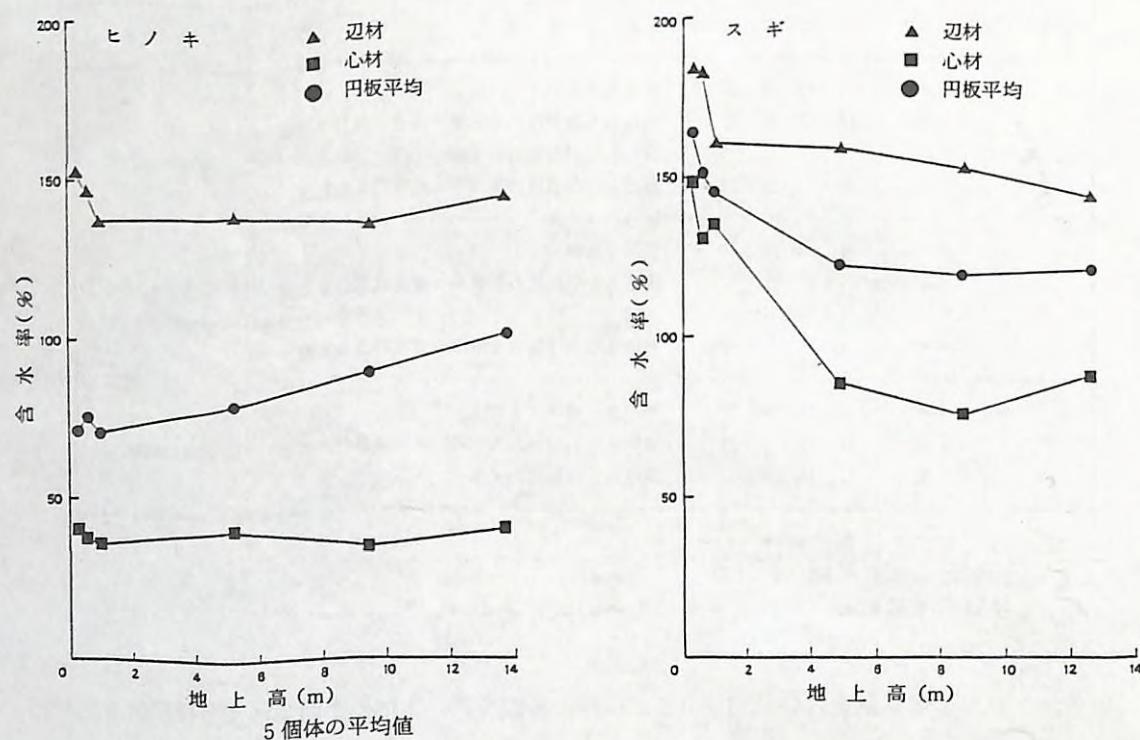


図-1 樹高方向の初期含水率（春季伐倒材）

スギ材では秋季の材の地上高の低い部分の辺材含水率が異常に高い。後者の場合の高含水率は、サンプルの個体差によるものと見るべきで、時期による本質的な差はほとんどないと思われる。

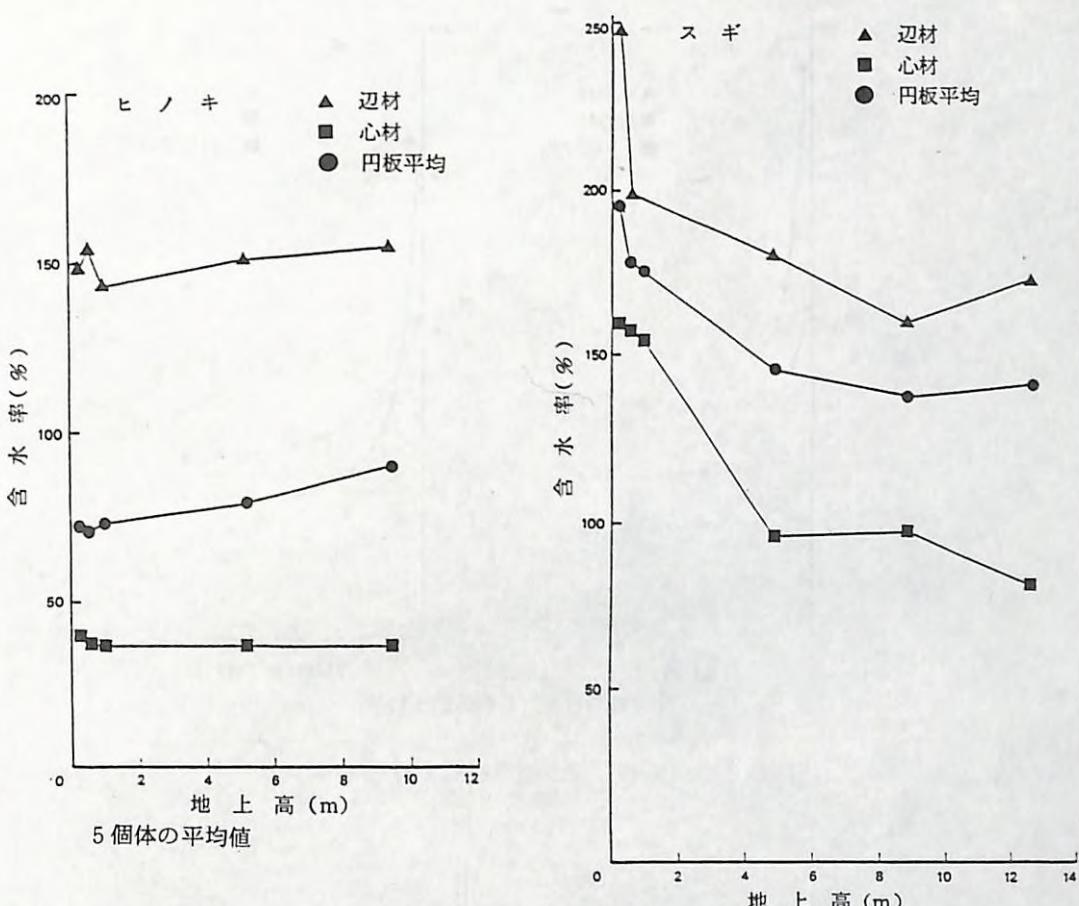


図-2 樹高方向の初期含水率（秋季伐倒材）

また樹種別に見ると、地上高約1mまでの低部の材の辺材部初期含水率は両樹種とも高く、とくにスギ材でこのことが顕著である。この傾向は、既往の文献からもうかがい知れる。心材含水率については、ヒノキ材では季節にかかわらず、また地上部の高低にかかわらずほぼ一定の値（40~45%）を示す。これは夏季の試験においても全く同じことが観測されている。スギ材の心材含水率については、個体による差が著しく一定の傾向をつかみ難いが、地上高約2mまでは含水率が高く、それより上部ではほぼ一定の含水率になっていると見なしてよさそうである。

辺、心材を含めた平均含水率については、地上高の低い部分を別にすれば、ヒノキ材で70~100%，スギ材では100~130%であった。

### 4. 葉枯らし期間中の乾燥経過

約70日間林内に放置した葉枯らし材の乾燥経過を、夏季、秋季の別に図-3, 4に示す。測定値

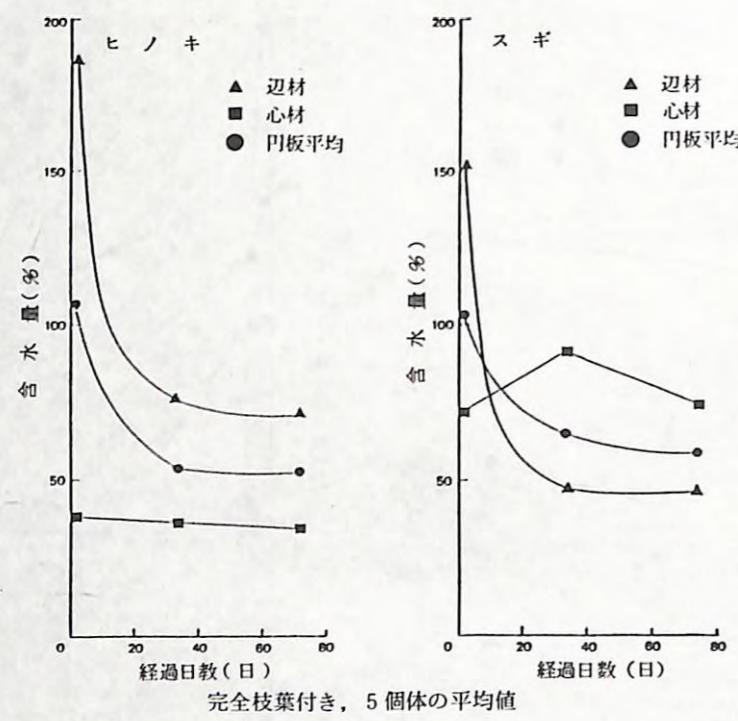


図-3 葉枯らし材の乾燥経過(夏季)

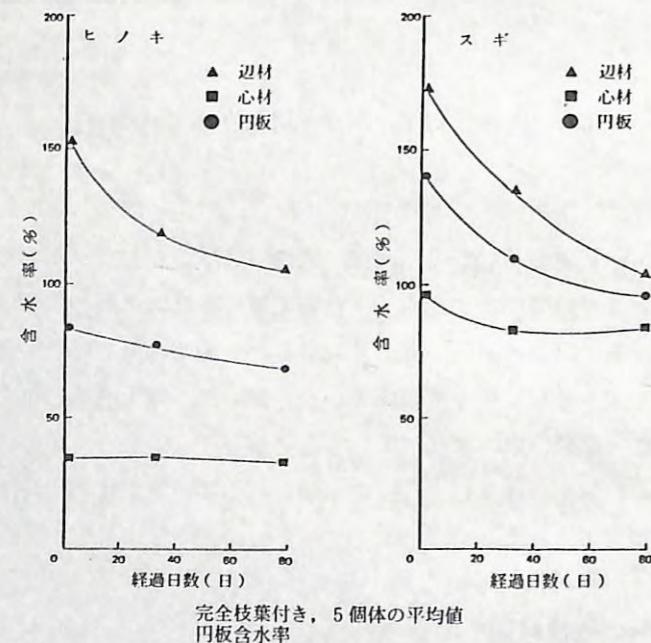


図-4 葉枯らし材の乾燥経過(秋季)

は初期含水率の安定している二番玉の両端から得た2枚ずつの円板の平均含水率で、ヒノキ、スギ材とも5個体の平均値である。また、これらの測定点は互いに個体が異なる。春季の試験においては円板による途中経過を測定しなかったので図示していない。

夏季、秋季いずれの季節にあっても辺材部の含水率低下が顕著であるが、葉枯らし開始から30～40日経過までの期間における含水率低下速度が極めて大きい。これに対し、心材部の含水率はほとんど低下しないか、低下してもその量は極めてわずかである。個体差の大きなスギ材でははっきりしないが、ヒノキ材ではこの傾向が明瞭である。辺心材を含めた平均含水率で見ると、約70日間の葉枯らしによって、夏季の場合、ヒノキ材は初期に約105%の含水率が約50%に低下し、スギ材は約100%の含水率が約60%に低下している。また秋季には、ヒノキ材は約80%の含水率が約65%に、スギ材は約140%の含水率が約95%まで低下している。途中経過が得られていないので春季のものは図示されていないが、ヒノキ材では約95%から約60%に、スギ材では約125%から約80%まで低下した。

いま、含水率の変化を、容積密度数や辺心材率を勘案して単位材積あたりの重量( $\text{kg}/\text{m}^3$ )に換算しその変化を示すと図-5のようになる。図から明らかなように、夏季および春季の重量減少が

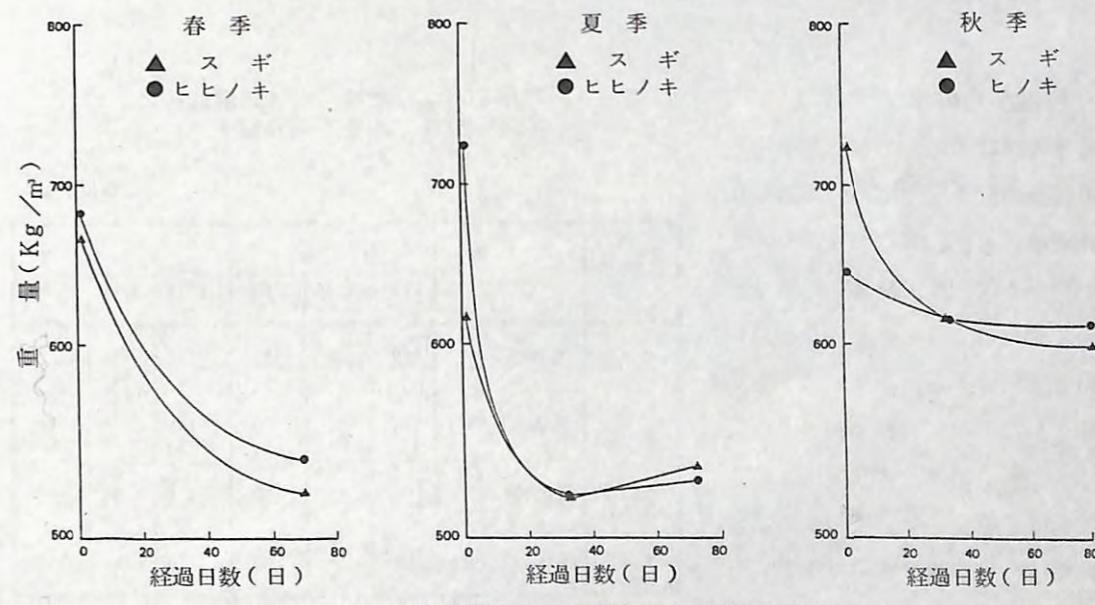


図-5 単位材積当たりの重量の減少経過

著しく、秋季の減少量はこれよりやや劣る。このような季節による減少量の違いは気象条件に左右されるものと考えられ、参考のため茨城県気象月報(日本気象協会水戸支部発行)から当該試験時期における大子地区の気象値を抜粋して整理すると表-3のようになる。これらの気象値は当地の測候所におけるもので、葉枯らし試験を行った現地のものではないため測定結果と直接的な照合は

表-3 大子地区の気象値

試験の呼び名と時期	月平均気温(°C)	月間日照時間(hr)	月間降水量(mm)
夏季 60年 8,9月	25.7, 20.5	190.6, 102.6	156, 127
春季 61年 4,5,6月	10.5, 15.1, 18.7	146.4, 128.0, 82.7	100, 125, 110
秋季 61年 9,10,11月	21.2, 13.4, 8.0	99.5, 105.2, 127.7	192, 73, 29

できないが、気温、日照量、湿度、風速などが乾燥経過に大きな影響を及ぼしたものと考えてよろう。

いずれの季節においても葉枯らし材の含水率(重量)の低下は、葉枯らし開始後40~50日ではほぼ横ばい傾向になるので、乾燥という観点からすれば、これより長期の葉枯らしは非効率的といえる。以上の測定結果に基づき、仮に葉枯らしを50日間実施した場合の乾燥の程度を推測し整理すると表-4のようになる。

### 5. 枝葉からの水分蒸散

春季の試験においては、葉枯らし材の枝葉の量を変えて水分蒸散効果を比較検討した。すなわち、ヒノキ、スギ材とも伐倒後、枝葉を除去せずそのまま放置するもの(完全枝葉付き、各5個体)と、下部の枝葉を約 $\frac{2}{3}$ 除去したもの(1/3枝葉付き、樹高の10~15%に相当、各5個体)の二群に分けて調査した。なおこの試験では葉枯らし期間の途中で玉切りを行わなかったので、期間中の円板による含水率は計測されていない。

前項と同様にして、二番玉の両端の円板から求めた含水率、辺心材率、容積密度数から単位材積あたりの重量を計算し、その変化を二つの群で比較すると図-6のようになる。図から明らかにように、完全枝葉付き材は1/3枝葉付き材よりも重量減少が大きく、葉からの水分蒸散の効果が認められる。本試験では両者の差は、ヒノキ材で約16kg/m<sup>3</sup>、スギ材で約25kg/m<sup>3</sup>であり、含水率に換算すると3~5%の差に相当する。このことから、葉枯らしをより効果的に行うには枝葉はできるだけ

表-4 伐倒時および葉枯らし50日経過後における原木の推定含水率(概算値)

樹種	時期	夏季			秋季			単位:%
		辺材	心材	平均	辺材	心材	平均	
		180	35	105	150	35	80	
ヒノキ	伐倒時	75	30	50	110	35	70	
	葉枯らし50日	50	70	60	120	80	100	
スギ	伐倒時	150	70	100	170	90	140	
	葉枯らし50日	50	70	60	120	80	100	

注:二番玉の含水率を想定したもの。

除去しない方がよいといえる。ただし、乾燥が進行するに従って枝は硬くなり、造材時の枝落し作業が困難になることを考慮すれば、伐倒時にある程度の枝打ちを行うことの方がより現実的とも思われる。

### 6. 巻枯らし材の含水率変化

夏季および春季にヒノキ、スギ材各3個体を巻枯らし処理し、平行して行った葉枯らしの終了時に伐倒して円板の含水率を調べた。事情により夏季は地上高約30cmの部分の円板を、春季は地上高約1mの部分の円板を用いた。測定の結果、夏季の場合、ヒノキ材の含水率は65%、スギ材は125%であった。また、春季の場合、ヒノキ材は73%、スギ材は147%であった。このことから、巻枯らし材は葉枯らし材に比して乾燥状態は不良であるといえる。とくにスギ材は初期含水率が高いこともあり、約70日程度の巻枯らしでは大幅な含水率低下は期待できないと考えよい。なお、伐倒時の葉の色はほとんど生材のそれに近く、一見して乾燥が進行していないことが伐倒前から予想された。

### 7. 葉枯らし放置材の天地側の含水率

林内に伐倒放置した葉枯らし材樹幹の地面に面した側(地側)と上部(天側)とで、含水率が異なるかどうかを調査した。春季に約70日間葉枯らしたヒノキ、スギ材各15個体について、二番玉の両端から円板を採取し、円板の天地の側を区別して含水率を測定した。同一円板内であっても部位によって含水率が異なるので、15個体の平均値で比較した。その結果、ヒノキ材の場合、天側が82.3%、地側は85.0%、スギ材では天側が62.8%、地側が77.8%で、いずれも地側の含水率の方がやや高いことがわかった。このことから、水分の蒸散は葉部からのほかに樹幹部からもある程度行われることが推測される。

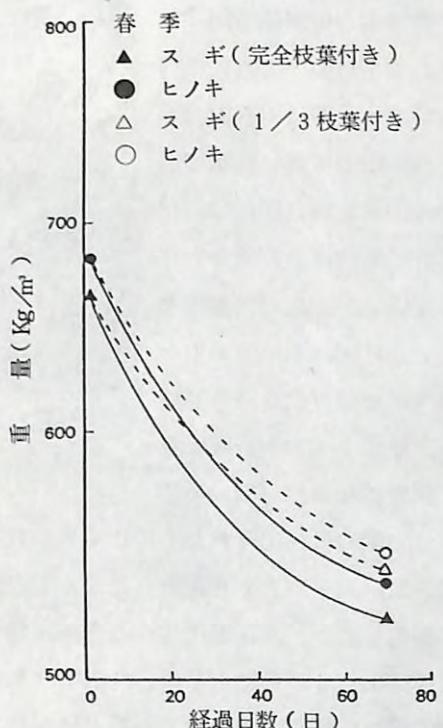


図-6 枝葉の付着量の違いによる単位材積当たりの重量減少経過

## 8. 木工錐（リングオーガー）試料による含水率測定精度

木工錐の形状は直径30mm、刃の部分の長さ約30cmである。これによって樹幹に直角に樹心部まで切り込み、排出される木屑を迅速にポリエチレン袋に採取し、含水率を測定した（写真4）。木屑試料によって求めた含水率と、至近部分から得た円板の含水率との関係を図-7に示す。ヒノキ、スギ材のいずれについても、木工錐試料の含水率は円板の含水率より低めであり、とくに高い含水率域において両者の差が著しい。図には辺材部と心材部とに分けて測定した値が入り混じて示されているが、高い含水率の測定点は主として辺材部のものである。高い含水率の場合には材が軟かいので切削しやすい反面、錐によって水分が絞り出されるような状態になる。このために

含水率は実際よりも低めに測定されたものと考えられる。また、辺材部は心材部よりも木屑の絶対量が少ないため、測定誤差が大きく現われたことも影響している。第1回目の試験の際には直径約5mmの生長錐を使用したが、木工錐に比べると測定精度は問題にならないほど不良であった。以上の結果から、円板によらない葉枯らし材の含水率の測定法としては、本試験で用いたような直径の比較的大きな木工錐が、軽便で効果的であると思われる。

一方で、樹幹の同一円周上でわずか1～2個所から木屑を採取する方法は、部位による含水率のばらつきを考えると大いに疑問である。従って、葉枯らし材の乾燥経過をより正確に把握するには、最終的には円板によらざるを得ないであろう。

## 9. 葉枯らし材の乾燥経費節減効果の試算

一連の測定結果に基づき、葉枯らし原木から製材品を採取した場合に、生材原木から得た製材品と比較してどの程度の乾燥経費の節減が見込まれるかを検討してみる。簡単のため、ここでは心持ちの12cm柱角を例にとって試算することにする。試算に当たり、12cmの柱角は一般にヒノキ材では直径16～18cmの原木から、スギ材では18～20cmの原木から製材されるものと想定すると、柱角の横断面における心材率（面積比率）は、ヒノキ材で85～95%，スギ材で60～70%と推定される。次いで、乾燥日数や経費試算に必要な資料として、除湿乾燥法によって生材を乾燥する際の所要日数および経費試算例を表-5に示す。本試験で扱った葉枯らし材の樹幹径は上記柱角適寸材の径よりも大きいが、これによって以下の推論に大きな矛盾は生じないと考えてよい。

いま、柱角（製材品）の心材率をヒノキが90%，スギが65%と仮定し、表-4、5の資料を勘案



写真-4 木工錐（リングオーガー）による含水率測定用試料の採取

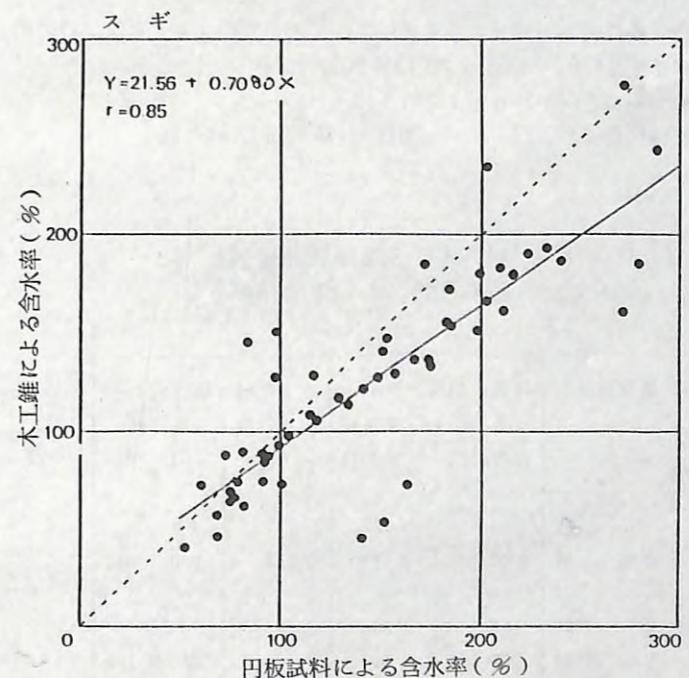
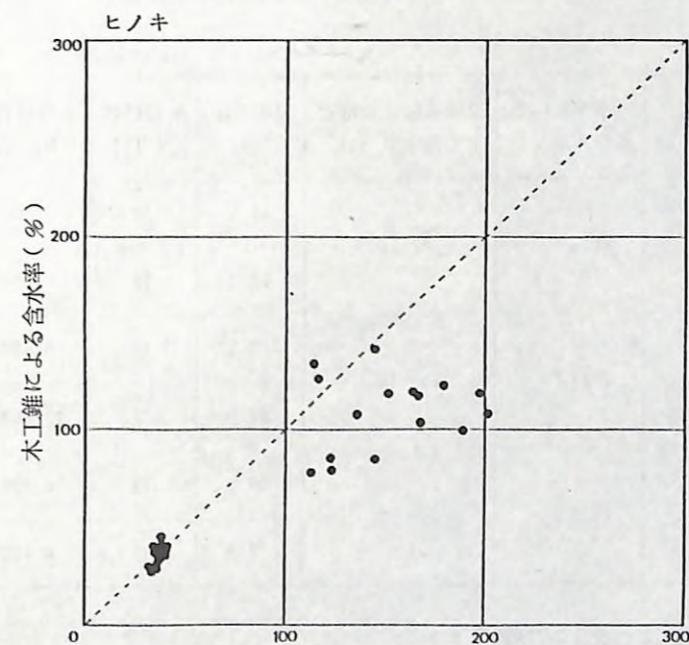


図-7 木工錐試料と円板との含水率の違い

して、50日間の葉枯らし材から製材した柱角の乾燥日数および経費の低減額を算定すると表-6のようになる。この場合、乾燥によって仕上げるべき目標含水率を、ヒノキ材で20%以下まで、スギ

表-5 心持ち柱角(生材)の除湿乾燥経費概算

(昭和62年現在)

樹種	初期含水率(%)	含水率計による含水率(%)	全乾法による推定平均含水率(%)	公称寸法(cm)	所要日数(日)	乾燥経費(円/m <sup>3</sup> )
ヒノキ	50	20以下	20-30	10.5	10	5,600
				12.0	12	6,800
スギ	110	20以下	25-40	10.5	17	9,600
				12.0	22	12,400
	25以下	30-55	30-55	10.5	12	6,800
				12.0	15	8,400

## 算定基礎

- (1) 設備償却, 金利, 管理費含まず。
- (2) 乾燥室14m<sup>3</sup>×2室  
人件費(操作者30万円×0.3+棧積み作業者1万円×8人日): 17万円/月  
電力料等(15,000kwh×20円): 30万円/月  
月額単価(17万円+30万円): 47万円/月  
日額材積単価(47万円÷28m<sup>3</sup>÷30日): 560円/m<sup>3</sup>・日

表-6 葉枯らし材の人工乾燥経費節減効果  
(12cm心持ち柱角についての試算)

樹種	製材用原木	柱角の初期含水率(全乾法)		人工乾燥(除湿式)	
		夏季伐倒	秋季伐倒	低減日数(日)	低減経費(円/m <sup>3</sup> )
ヒノキ	生材	50	47	2-4	920-1,840
	葉枯らし材	40	44		
スギ	生材	100	120	3-6	1,380-2,760
	葉枯らし材	65	95		

注 心材率: ヒノキ90%, スギ65%とする。

乾燥の仕上げ含水率: ヒノキ20%以下, スギ25%以下の場合。いずれも電気式含水率計による。

人工乾燥経費単価{(電力料30万円+人件費9万円)/28m<sup>3</sup>×30日}: 460円/m<sup>3</sup>・日

材で25%以下まで(いずれも電気式含水率計による)と想定している。

表-6の試算例から明らかなように、ヒノキ材の製材品は、元来、辺材率が小さいために生材であっても初期含水率が比較的低いことから、葉枯らしによる乾燥経費の節減比率はスギほど大きくはないといえる。なお、この試算は多くの仮定や推測を前提としてなされているため、事情のそれぞれ異なる工場によっては、必ずしも実態と一致しないこともあり得る。

## 10. 今後、葉枯らしを進めて行くに当たって

このたびの試験結果や既往の成果などを勘案し、今後、葉枯らし作業を進めて行くに当たって留意すべき点を、以下に箇条書きで記す。

- (1) 木材の乾燥という視点からすれば、葉枯らし期間は40~50日ではほぼ目的は達せられる。
- (2) 枝葉は伐倒時にある程度除去してもよいが、梢端部(樹高の10~15%に相当する部分)の枝葉は除去しない方がよい。
- (3) 樹皮付き材の場合は、虫害を避けるため放置期間が梅雨期にかかるないようにする。
- (4) 積雪地方の冬季の葉枯らしは、乾燥の効果は少ない。
- (5) 葉枯らし材の伐倒に当たっては、日照や通風の良好な場所を選び、互いの枝葉が重ならないようにする。
- (6) 短期間(2~3ヶ月)の巻枯らしは乾燥の効果が少ないばかりでなく、巻枯らし処理した大径材は風倒の危険がある。

## 成 果 の 公 表

1. 佐藤、鷲見、中野: 葉枯らしによる素材の林内乾燥(第1報), 第36回日本木材学会大会要旨集, 270(1986.4)
2. 林試乾燥研: 葉枯らし試験に関する中間報告書(於林野庁), (1986.8)
3. 斎藤、鷲見、佐藤、中野: 葉枯らしによる素材の林内乾燥(第2報), 第37回日本木材学会大会要旨集, 92(1987.4)

## 関 連 文 献

1. 森庄一郎: 吉野林業全書, 247pp., 伊藤盛林堂(1893)
2. 農商務省山林局編: 木材ノ工芸的利用, 1308pp., 大日本山林会(1911)
3. 清水元: 秋田杉と葉枯らしとに関する参考資料, 林曹会報No.177, 秋田大林区署, 1-45(1931)
4. 大島惣郎: 葉枯材の色に就いて, 林曹会報No.179, 秋田大林区署, 9-19(1931)
5. 矢沢龜吉: ヒノキ, サワラ樹体各部に於ける生材比重, 含水率, 絶乾比重, 収縮率及辺心材等に就いて, 岐阜農林専門学校学術報告 第52号, 1(1944)

- 6.矢沢龜吉：スギ樹幹及枝条に於ける辺・心材別の生材比重、絶乾比重、生材含水率並に体積収縮率等に就いて、岐阜農林専門学校学術報告 第68号、1 ( 1950 )
- 7.長岐喜代次：秋田杉への郷愁、228pp., 東北紙工 ( 1969 )
- 8.榎原助：わが吉野川上林業、151 pp., 大日本山林会 ( 1970 )
- 9.岩田、野原、大塚：スギ、ヒノキ丸太の林内乾燥について、岐阜県林業センター研究報告No.9, 49-59 ( 1981 )
- 10.鷲見博史：見直される葉枯し・巻枯しによる素材の乾燥、林業技術No.524, 11-14 ( 1985 )
- 11.阪井茂美、山本雅彦：スギ丸太の林内乾燥試験、徳島県林業総合技術センター研究報告No.23, 2 - 8 ( 1985 )
- 12.菊池、大山、遠藤：葉枯らし材等の生産・販売について、昭和59年度業務研究発表集、秋田営林局, 1 - 6 ( 1985 )
- 13.曾我忠行：葉枯らし乾燥材の生産・販売について、昭和59年度業務研究発表集、東京営林局, 116 - 118 ( 1985 )
- 14.小川義信：人工林ヒノキにおける葉枯らし材生産の考察、昭和59年度業務研究発表論文集、名古屋営林局, 109 - 113 ( 1985 )
- 15.井口三郎：スギの巻枯しによる付加価値の向上試験について、昭和59年度業務研究発表集録、大阪営林局, 132 - 133 ( 1985 )
- 16.谷本明夫：葉枯らし材生産による販売メリット増加策、昭和59年度国有林野事業に関する技術開発研究考案発表集、高知営林局, 52-53 ( 1985 )
- 17.横田作苗：収入の増加対策と実行結果、同上, 54-55 ( 1985 )
- 18.岡本光貴：スギ葉枯らし材の生産と販売結果、昭和60年度国有林野事業に関する技術開発研究考案発表集、高知営林局, 156 - 159 ( 1986 )
- 19.阿萬太：葉枯らし材の生産と販売結果、同上, 160 - 161 ( 1986 )
- 20.渡辺実、長谷川肇：乾燥材(巻枯らし)生産について、昭和60年度業務研究発表集、秋田営林局, 44-47 ( 1985 )
- 21.両角実：葉枯らし材生産の一考察、昭和60年度業務研究発表論文集、名古屋営林支局, 41-47 ( 1986 )
- 22.大子・水戸営林署：販売価格から見た葉枯らしの効果、昭和60年度技術開発実施報告書、東京営林局, 126 - 131 ( 1986 )
23. J. Vissen, H.F. Vermass : Biological - Drying of Pinus Radiata and Eucalyptus Cladocalyx Trees, Jour. of The Inst. of Wood Science 10(5), 197 - 201, South Africa ( 1986 )
- 24.逸見享：伐採木の林内乾燥による経済効果試験、昭和58年度愛媛県林業試験場業務報告書, 45 - 46 ( 1987 )
- 25.松園暢方：巻枯らしによる素材乾燥と有利販売、昭和61年度大阪営林局創立100周年記念業務研究発表集録、大阪営林局, 166 - 170 ( 1987 )
- 26.杉田一成：スギ材の葉枯し乾燥、木材の乾燥講習会テキスト(宮崎県), 7 - 11 ( 1987 )

## —葉枯らし材の化学的評価—

### I 試験担当者

林産化学部抽出成分研究室

林 良 興

“

大 原 誠 資

“

加 藤 厚

(研究協力機関)

林産化学部化学加工研究室

東京営林局

水戸営林署

大子営林署

### II 試験目的

葉枯らし(葉干し)或いは穂枯らしは、林木を伐倒後枝葉を付着したまま林内に放置し、葉の蒸散力をを利用して材の乾燥を促す方法をいう。葉枯らしは元来、人力に頼っていた運材作業を容易にするため行われた。40日間の葉枯らし処理で材重量の平均2割程度の重量減少が報告されている。<sup>1)</sup>葉枯らしの効果は乾燥のみでなく、心材色は鮮明になり、辺心材共に光沢が良くなる(秋田地方)<sup>1,2)</sup>とか、心材が増加する(吉野地方)と言い伝えられている。そのため「アク抜き」、「シブ抜き」とも称され、材の外観を重要視する酒樽材生産や床柱生産のために実行されたことがある。

林野庁では、近年に於ける材価低迷を打開する一策として高品位材の生産を目的として葉枯らし材の生産を試み、乾燥材であることと同時に、色、艶等の外観も良いと一定の評価を得ているよう<sup>4-11)</sup>である。しかし、葉枯らし処理の効果を積極的に推める既往の科学的なデータはほとんど無い。特に、材成分の変化について研究した例は見られない。著者らは東京営林局、水戸営林署、大子営林署の協力を得て葉枯らし材の化学的材質評価を行うための基礎的資料を得て技術体系を確立するために供する目的で昭和60、61年度の二年間で研究を実施した。

葉枯らし効果を樹木生理的に見れば、樹木は伐倒後一定期間生きており、生理的機能を持ったまま急激に水分を失って、遂に機能を停止する変化の過程と見えることができる。樹木の水分減少による生理的変化が成分に及ぼす影響はエチレンが最も顕著と見られるが、エチレンは心材(成分)形成や変色材形成の引き金になっていると考えられている。<sup>12,13)</sup>また、外因による樹木の傷害でエチレンが生産されることが知られている。樹木に対し外部からエチレンを投与した際は着色材が形成され a) デンプンの消失、b) 脂質含有量の増加、c) フェノール含有量の増加、d) 着色材の形成部位及びその近傍の細胞中ではパーオキシダーゼ、 fosfataze, リバーゼ, ATPアーゼ, スクシネートデヒドロゲナーゼ等の蓄積が観察されている。<sup>14)</sup>

心材形成では水分減少によるストレスや炭酸ガスストレスによりエチレンが発生し上記のような酵素系が誘導され、代謝系が切換り変り、デンプンなどの貯蔵物質が心材物質形成に転換されると Hillis<sup>13)</sup> は提唱している。スギ材には数種のノルリグナン類が含有され心材色と密接な関係があると考えられている。<sup>15)</sup> ヒドロキシスギレジノールは酵素酸化により高分子の心材色と同様の性質を示す成分に変換される。<sup>11)</sup> また、辺材部における虫害や腐朽菌による変色現象とノルリグナン類との関係が研究されている。<sup>16)</sup>

これらの既往の成果を背景に、本研究では葉枯らしの効果を、伐倒後の樹木成分の変化量を対照木と比較することにより評価した。伐倒現場での内生エチレンの測定は困難であるので、色、艶等に関与し、伐倒後に変化すると推定される 1 ) 含水率、2 ) デンプン含有量、3 ) 全脂質量(ベンゼン抽出物量)、4 ) メタノール抽出物量、5 ) 全フェノール性物質量(メタノール可溶性蛋白質も含む)を定量し、それぞれ比較を行った。さらに、材色を測定し対照区材と比較した。

### III 試験の経過と得られた成果

#### 1. 研究方法の概要

##### 1 ) 試料の採取方法

東京営林局水戸営林署管内の茨城県と栃木県の境界に位置する鷺子山国有林の76年生スギ造林地を試験地とした。凹地形の等高線沿いに成長の類似したスギ25本を選び、番号を付した。第1回目、1985年7月31日にスギ15本を伐倒した。その中の5本(Ⅰ群、31/J)について元口(Ⅰ-1)及びそこから4m毎(Ⅰ-2), (Ⅰ-3)の部位で40cmの試料を採取し、第1回目の試料とした。残りの10本は葉を付けたまま林内に放置し葉枯らしを行った。約1ヶ月後の9月3日(Ⅱ群、3/S)及び3ヶ月後の11月8日に同様に玉切りし(Ⅲ群、8/N)葉枯らし試料を採取した。それぞれ試料採取した同じ日に、新たにスギ5本づつを伐倒し、上記同様に玉切りして対照区試料(Ⅳ群、3/S), (Ⅴ群、8/N)を採取した。試料は玉切りした後、乾燥を防ぐため、直ちに、ゴム系速乾性ボンドを木口へ塗付し、ビニール袋に入れて搬送し、サンプル調製を開始するまで4°Cの低温室へ保管した。

##### 2 ) 試料の調製及び分析法

製材の際、始めに接着剤を塗付した両側1/3をチェーンソーで切断除去し、次に帶鋸盤で分割し、材色測定用、含水率測定用、白線帯、心材、辺材の試料を採取した。含水率測定は、製材後直ちに105°Cの乾燥器に48時間入れて行った。材色測定用試料についても、直ちに70°Cで48時間乾燥させ、成分を不活性化した後、調湿室(RH, 75%)に置き調湿した。

抽出成分分析用試料は以下のように調製した。回転かんな機を用い、辺、心材の各木口削片を作り、これを電子レンジに3分間かけた後、一昼夜風乾させた。次に家庭用ミキサーと遠心粉碎機で木粉とし、あらかじめ含水率を測定して、ベンゼン及びメタノールで遂次抽出した。抽出にはソックスレー抽出器を用いた。メタノール抽出物は、小量のメタノールで再

溶解し、水で一定量にして、Lowry法によりフェノール量を定量した。<sup>17)</sup>

一方、調製した木粉を更に自動ふるい機にかけ、150メッシュを通過した細かいふるい分を集め、これをデンプン定量用試料とし、分析に際し、含水率を測定した。デンプンの定量法は過塩素酸抽出/ヨウ化カリ比色法によった。材色測定は試片表面を平滑に削り、RH75%, 22°Cで調湿した後、デジタル測色色差計算機(AUD-SCH-3, スガ)を用い、直径3cmの測色窓で心辺材別に測色し、L\* a\* b\*法で表示した。各試験区の5個体の部位各のL\* a\* b\*値の平均値を算出した。

#### 2. 得られた成果の概要と検討

7月31日伐倒して、直ちに玉切りした試料(Ⅰ群)、そのまま1ヶ月葉枯らし処理し9月3日に玉切りした試料(Ⅱ群)、同様に、3ヶ月葉枯らし処理し、11月8日に玉切りした試料(Ⅲ群)、Ⅱ群を玉切りした日に立木を伐倒し採取した対照試料(Ⅳ群)、および、同様にⅢ群の対照試料(Ⅴ群)各5本計25本から夫々3部位で試片を採取した。試片を辺・心材に分割し計150個の試料について6項目の分析を実施した。データは部位、個体により変動したので、各群毎の辺心材別のデータの平均値およびその区間推定( $\alpha = 0.05$ )をおこない、比較した(図-1~6)。材色については各群毎に3部位の夫々のL\* a\* b\*値を平均し、図上にプロットして3点の位置およびそれにより囲まれる領域を比較した(図-7)。

##### 1 ) 含水率

今回の試験では含水率測定用試片の採取を移行帯を夾んだ辺心材を混合した部位としたため、もともと移行帯の含水率は低いと云われ、又、帯幅も一定でないため材全体の含水率を正確に比較できる値は得られていない(図-1)。しかし、葉枯らし法の乾燥効果は既往の結果でも20~30%程度の含水率の減少が報告されており今回の試験でも1ヶ月で平均10.5%, 3ヶ月で27%の減少がみられた。辺心材毎に測定すればさらに大きい値が得られると考えられる。

##### 2 ) デンプン含有量

葉で光合成されたグルコースは樹体内各所に輸送されて樹木の形成に用いられるが、過剰になると辺材柔組織中にデンプンとして貯蔵される。辺材部でのデンプン含有量の変化は甚だ大きい結果が得られた(図-2-A)。対照区生立木の辺材中では既に蓄積されたデンプンと常に供給されるそれとで含有量は増加しつづけている。特にⅣ(3/S)からは急激に増加してⅤ(8/N)ではⅠ(31/J)の約2.8倍に達している。これはⅠからⅣの時期は材形成に消費されていた転流糖がこの頃から蓄積に切換えられたことを示している。他方、葉枯らし区ではⅠで伐倒後、針葉から糖の供給が途絶え、それでも辺材部では生理機能を維持し続けているので、それまでに辺材柔組織中に存在するデンプンが分解、消費されて多様な二次代謝がおこなわれるためデンプン含有量はⅠ→Ⅱ→Ⅲと減少、使い盡されていく結果とな

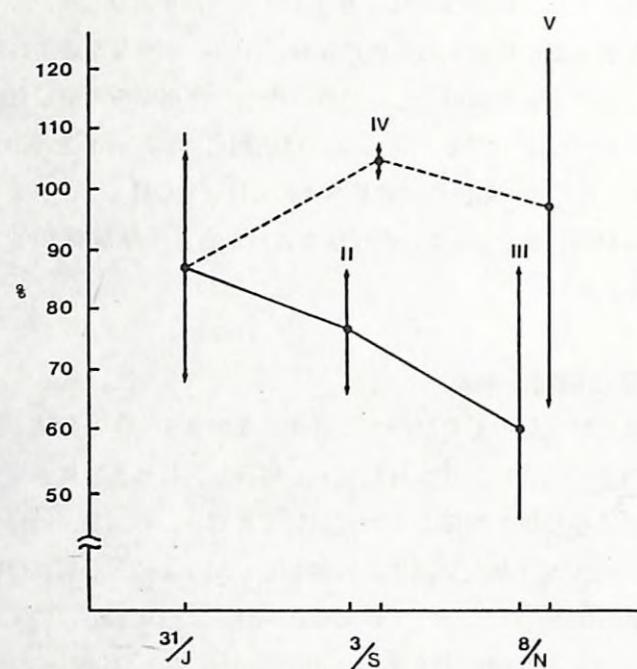


図-1 含水率の変化

っている。

心材部は死んだ組織であり、一般には生理機能はないとされる。得られた結果(図-2-A, B)では対照区、葉枯らし区共デンプン含有量の変化はほとんど無く一般的知見を裏付けている。

### 3) ベンゼン抽出物(全脂質量)

ベンゼン可溶部は、通常、脂肪酸類や樹脂酸類、テルペン、エステル類等で構成されている。得られた結果(図-3-A, B)では、対照区においても葉枯らし区においても辺材共通に同じ変化のパターンを示した。辺材部(図-3-A)では両群の統計的差は見られないが、平均値では季節及び時間と共に抽出物量は微増している。最終的にIIIとVにおいて対照区の方が含有量が大となったのはデンプン供給力のちがいと共に、立木にあっては生命活動を維持しつづけて蓄積されるのに対し、葉枯らし材では生理機能が低下ないし停止したことの現れであろう。心材部(図-3-B)ではI(31/J)の含有量と比べ他の時期では抽出物の減少が見られた。この時期の対照区と葉枯らし区での差は殆んど無い。この頃になると立木でも水分運動が殆んど停止して成分の移動も無くなり、さらに成分の高分子化が起って溶出され難くなることも考えられる。

### 4) メタノール抽出物

辺材部のそれぞれにおいて対照区、葉枯らし区共類似した成分変動を示す。辺材部(図-4-A)では31/Jから3/Sにかけて含有量が増加(I~IV)または横這いの後、8/N

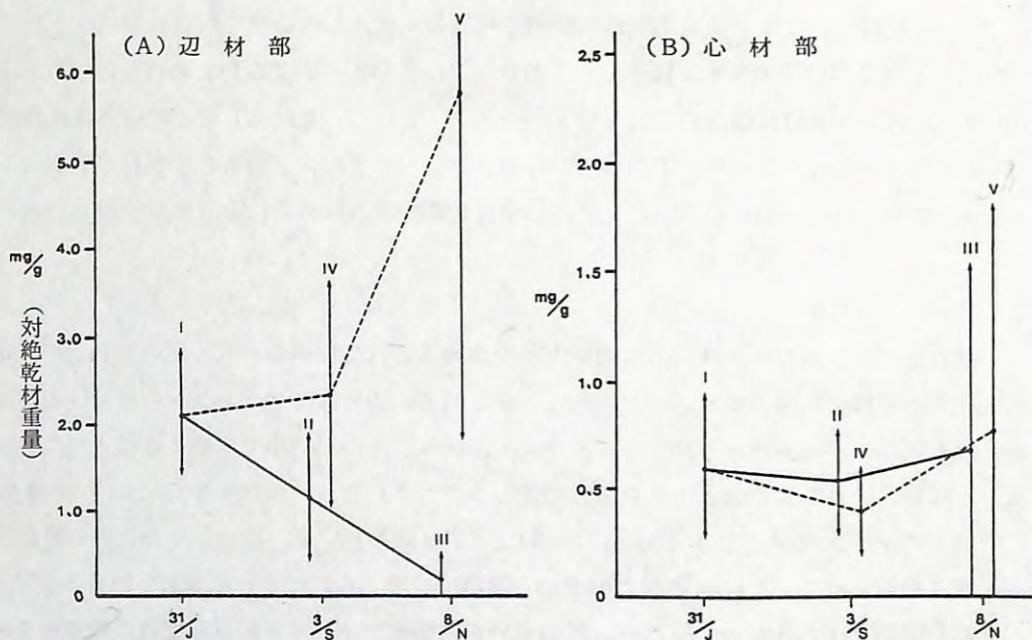


図-2 葉枯らし材および対照区材のデンプン含有量(絶乾材 1g 中のデンプン含有量で示す)。I: 7月31日伐採新鮮材, II: 1ヶ月葉枯らし区, III: 3ヶ月葉枯らし区, IV: 1ヶ月対照区新鮮材, V: 3ヶ月対照区新鮮材

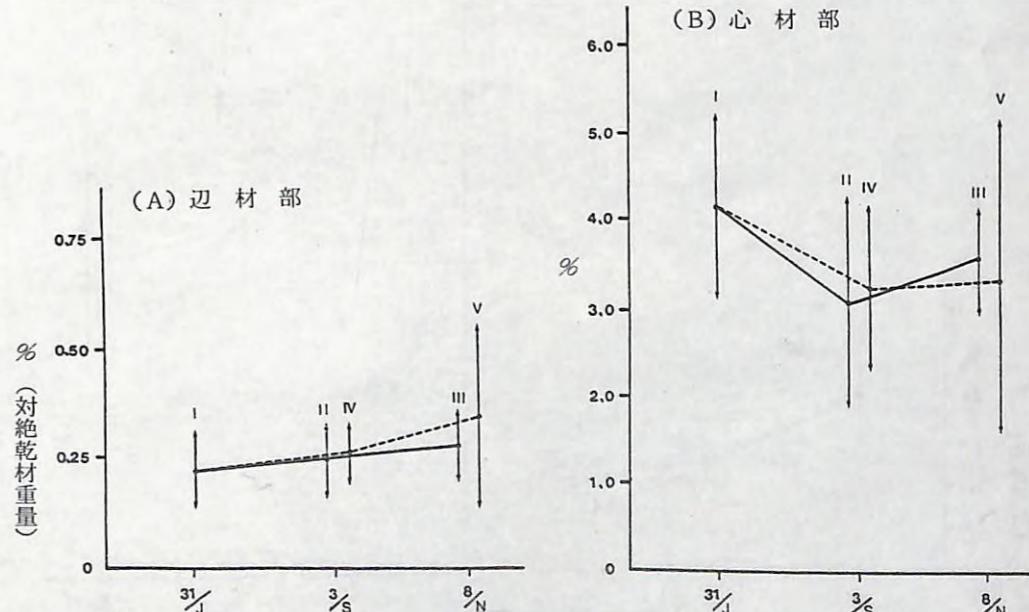


図-3 葉枯らし材および対照区材の総脂質含有量(ベンゼン可溶部)。I: 7月31日伐採新鮮区材, II: 1ヶ月葉枯らし区, III: 3ヶ月葉枯らし区, IV: 1ヶ月対照区新鮮材, V: 3ヶ月対照区新鮮材

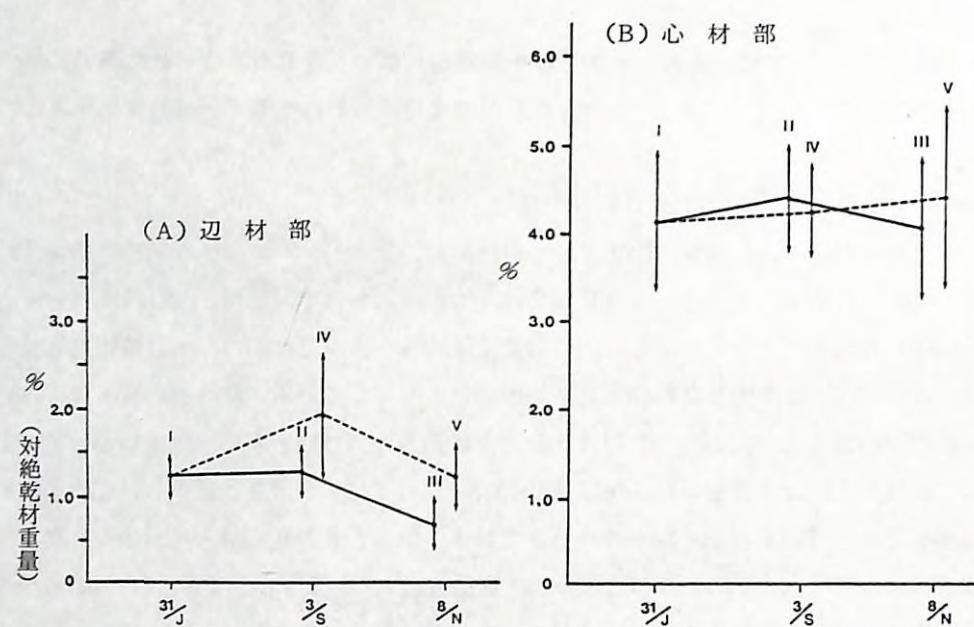


図-4 葉枯らし材および対照区材のメタノール抽出物含有量。I: 7月31日伐採区新鮮材, II: 1ヶ月葉枯らし区, III: 3ヶ月葉枯らし区, IV: 1ヶ月対照区新鮮材, V: 3ヶ月対照区新鮮材

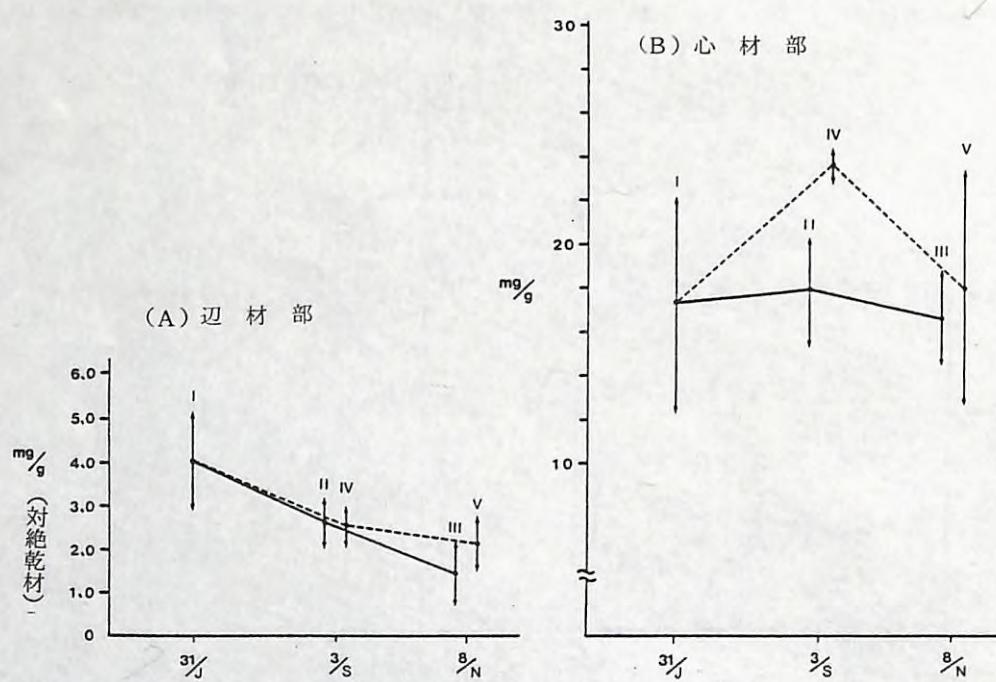


図-5 葉枯らし材および対照区材のメタノール抽出物中の全フェノール含有量(絶乾材1g当たりの含有量で示す)。I: 7月31日伐採新鮮材, II: 1ヶ月葉枯らし区, III: 2ヶ月葉枯らし区, IV: 1ヶ月対照区新鮮材, V: 3ヶ月対照区新鮮材

に向って減少する。この抽出物中の全フェノール量を測定すると図-5 Aに示すように両区共31/Jから減少している。メタノール抽出物から全フェノール量を除去した抽出物量を図-6に示した。31/Jから3/Sにかけて観測された対照区の抽出物量の増加は非フェノール性成分によるものであり、糖の存在量と密接な関連があるものと見られる。これは葉枯らし区で抽出物量が増加せず、横這いとなっていることからも推定される(図-4-A)。心材部のメタノール抽出物量(図-4-B)は殆んど変化がないが、平均値では対照区において季節と共に微増し、葉枯らし区では最終的に微減している。この成分内容で、全フェノール量(図-5-B)は全体の変動パターンは類似しているけれども、対照区立木のIV(3/S)において明らかに増加して他とは有意の差を示している。このメタノール抽出物量は二群間に差が無いところから(図-4-B, 図-6), この時期に多量の遊離フェノールが存在し、その後、不溶性の重合物に変化したか、または、何らかの不溶化の機構が形成されたかも知れない。葉枯らし区でこの様な顕著な傾向が見られない理由は、葉枯し材では水分通導停止の時期がもっと早いためと考えられる。

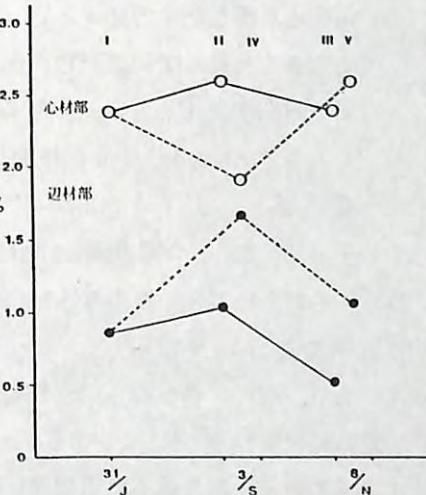


図-6 メタノール抽出物中の非フェノール性物質量

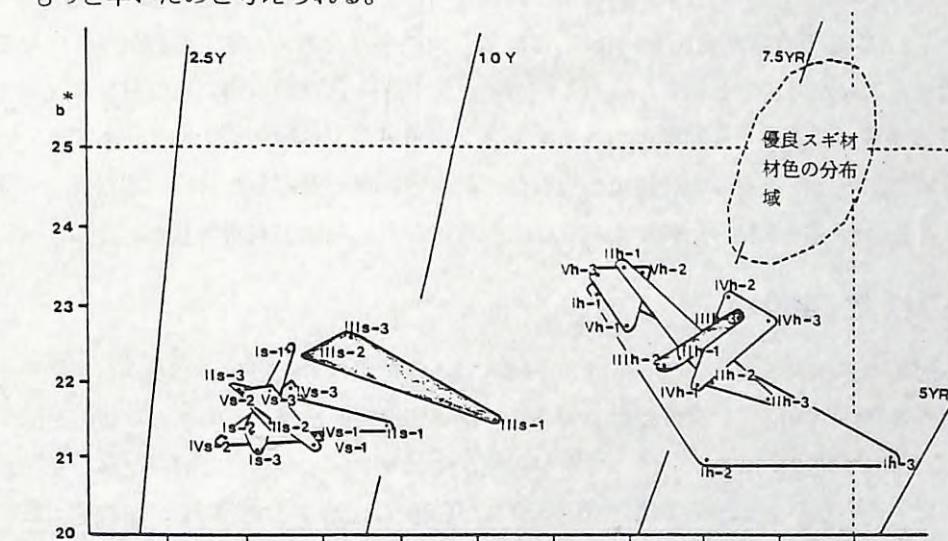


図-7 葉枯らし材および対照区スギ材の材色。I: 7月31日伐採区新鮮材, II: 1ヶ月葉枯らし区, III: 3ヶ月葉枯らし区, IV: 1ヶ月対照区, V: 3ヶ月対照区, s: 辺材, h: 心材, 1: 地上0.5m, 2: 地上4.7m, 3: 地上9.1m

## 5) 材色

辺材部の材色(図-7, Is-Vs)は葉枯し区で特徴ある変化を示した。I, IV, Vの対照区群では $a^*(2.1 \sim 2.6)$ ,  $b^*(21.5 \sim 21.8)$ を中心と材色が分布しているのに対し、葉枯らし区ではII<sub>s</sub>が $a^*(4)$ と黄色度が増えはじめ、III<sub>s</sub>(3.7, 21.2)では完全に他の群とは隔つて $a^*($ 赤色度 $), b^*($ 黄色度 $)$ 共大きい値となっている。葉枯らし材では対照区よりも赤色、黄色とも深色化する結果となっている。心材部材色の変化(図-7, Ih-Vh)はI群において大きく分散していた材色が季節的にも葉枯らし処理によって赤色度が減少し黄色度が増加する方向へ変化している。季節的対照区ではIh(8.2, 21.7)→IVh(8.4, 22.9)→Vh(6.9, 23.2)と中心が移動しより深色化するのに対し、葉枯し区ではIh(8.2, 21.)→IIh(8.0, 22.5)→IIIh(8.0, 22.6)とほぼ一定の位置に収斂した。

以上の結果から、今回実施した葉枯らし処理は、試験時期を一年のうち、スギの生长期から生長休止一材形成期に丁度重なる様に選んだため、季節変化による成分変動と葉枯らし処理による成分変動がほど類似したパターンを示す結果となった。従来、心材部では生理的に死んでおり、季節にかかわらず成分変動がないと考えられてきたが、非生理的であれ季節的には一定の成分変動のパターンがあることが示された。これは酵素、あるいは含有水分、酸素等の影響によるものと推定される。予想通り葉枯らし区の辺材部でデンプン含有量が減少する一方、辺材部のベンゼン抽出物は減少せず遊離フェノール量が減少する事実、さらに、辺材色が葉枯らし処理で黄赤色方向に深色化すること等から、経験的に従来から云われてきた「艶が良くなる」、「シブが抜ける」、また「心材が増える」等の葉枯らし処理の効果については或る程度支持できる結果となった。また、心材色が対照区で季節的に黄色方向に深色化するのに比べ、葉枯らし処理では一定の材色(7.5 YR, 優良スギ材色と同色相)に収斂した結果から考えると「黒心が赤心になる」といった口承もあながち否定し切れないものがある。デンプン含有量の高い木材はキクイムシや青変菌の被害が多いことから辺材部におけるデンプン含量の減少は耐久性を増すとも考えられる。

以上を総括すると乾燥や辺材材色の均質化、耐久性の良い安定した材質の木材を生産するといった観点から考えると葉枯らし処理はある程度の改善をもたらすと判断された。

## IV 残された問題点

今回行った研究は葉枯らし区と対照区の成分を統計的に比較する方法に依ったが、対象試料が造林木であっても各個体の遺伝的形質の変動が大きく一定ではない。今後、この様な形質の集団的比較により葉枯らし効果を研究するには、同一母樹から押木により増殖した形質の揃った林分を選定して研究する必要がある。また、1個体内で伐倒直後から葉枯らし終了までの期間に連続的、或いは定期的に葉枯らし処理のもたらす成分、材色等への各種効果を分析するための試料採取法ないし研究法の創案が必要であろう。さらに、内生エチレンや変色成分の詳細な追跡や季節を変えての試験も葉枯らし効果の正確な評価のために実施される必要がある。

## おわりに

表記した各協力機関の各位および研修期間中に実験に協力された福岡県大川工業試験場古田正範氏に深謝申上げます。

## V 研究発表

- (1)林良興, 大原誠資, 古田正範, 基太村洋子, 黒須博司:葉枯らし材の化学的評価。  
「スギ葉枯らし材の成分と材色変化」, 第36回, 日本木材会発表要旨, 332頁(1986).
- (2)林良興, 大原誠資, 古田正範, 黒須博司, 基太村洋子:スギ葉枯らし材生産過程における材成分と材色の変化, 木材学会誌投稿中.

## 文 献

- 1) 清水 元:秋田杉と葉枯とに関する参考資料, 林曹会報(秋田営林局), (177), 1~45(1931).
- 2) 大島 生(惣郎):葉枯し材の色について, 林曹会報, (179), 9~19(1931).
- 3) 桧 源助:わが吉野川上林業, 大日本山林会(1970).〔松山将壯, 木材工業, 40(9), 8~13(1985).〕
- 4) 両角 実:葉枯し材生産の一考察, 業務研究発表集(名古屋営林局)41~47(1985).
- 5) 菊地和俊, 大山末治, 遠藤隆之:葉枯し材等の生産・販売について, 業務研究発表集(秋田営林局), 1~6(1984).
- 6) 曽我忠行:葉枯し材(林内乾燥材)の生産・販売について, 業務研究発表集(東京営林局), 116~118(1984).
- 7) 小川義信:人工林ヒノキにおける葉枯し材生産の考察, 業務研究発表集(名古屋営林局), 109~113(1984).
- 8) 井口三郎:スギ巻枯しによる付加価値の向上試験について, 業務研究発表集(大阪営林局), 132~133(1984).
- 9) 阿萬 太:葉枯し材の生産と販売結果, 業務研究発表集(高知), 160~161(1985).
- 10) 谷本明夫:葉枯し材生産による販売メリット増加策, 業務研究発表集(高知営林局), 52~53(1984).
- 11) 横田作苗:収入の増加対策と実行結果, 業務研究発表集(高知営林局), 54~55(1984).
- 12) N. D. Nelson: Xylem ethylene, Phenol-oxidizing enzymes, and nitrogen and heartwood formation in walnut and cherry, *Can. J. Bot.* 56, 626~634(1978).
- 13) W. E. Hillis: "Secondary Changes in Wood", in "The Structure, Biosynthesis, and Degradation of Wood", ed by F. A. Loewus and V. C. Runbeckles, P. 247, Prenum Press(1977).

- 14) J.D.Patel and K.V.Bhat : Induction of discolored wood in *Samanea saman*,  
IAWA Bulletin vol. 5(2), 152 ( 1984 ).
- 15) Y.Kai, F.Teratani : 木材誌, 23, 499 ( 1977 ).
- 16) 高橋孝悦, 萩山絢一 : スギ傷害材のフェノール性成分(第3報), 木材誌, 31(8), 677—683  
( 1985 ).
- 17) 菅原 潔, 副島正美 : 生化学実験法 7, 蛋白質の定量法, 1977, P. 95
- 18) F.R.Humphreys and J.Kelly : A method for the determination of starch in wood,  
*Anal. Chim. Acta.*, 24, 66—70 ( 1981 ).