

カラマツの葉枯らし等
林内乾燥に関する研究

カラマツの葉枯らし等林内乾燥に関する研究 — 林内乾燥法の確立 —

I 試験担当者

木材利用部乾燥研究室長

久田 卓興

木材利用部乾燥研究室

佐藤 庄一, 斎藤 周逸

木材利用部加工技術科長

鷲見 博史

(試験協力機関)

長野営林局

上田営林署

II 要旨

カラマツの林内乾燥の効果を知るため、季節別に春季、夏季、秋季に分けて葉枯らし及び巻枯らし試験を実施し、含有水分の減少経過を調べた。また、処理材の材質を虫害や変色の発生、製材後の乾燥性、収縮、狂い、ヤニの状況などの観点から検討し、葉枯らし等林内乾燥によって生じる経済的効果について考察した。

葉枯らしによる含有水分の減少は、いずれの季節も辺材部では大きいが、心材部ではほとんどないかごくわずかであった。カラマツは落葉性のため、初めは葉枯らしの効果は少ないと予想されたが、スギ、ヒノキなどとほぼ同様に辺材含水率が減少する傾向を示した。しかし、春季及び夏季伐倒材は処理中に虫害や青変が発生するため、処理時期は秋季のみに限定すべきである。これに対し、立木の状態で根からの水分吸収を妨げ自然に乾燥させる巻枯らしは、いずれの季節も虫害や青変がなく、含有水分の減少も葉枯らしより大きかった。処理期間内に梅雨を迎える場合、虫害に対して安全かどうかはさらに多くの事例で検討する必要があるが、試験の範囲では問題がなかった。

林内乾燥による経済効果としては、重量減少による伐木運材上の利点と、人工乾燥経費の軽減が考えられる。重量減少は巻枯らしで20%前後の重量減が見込まれ、かなり効果があると考えられる。しかし、乾燥経費についてはカラマツ材の利用状況から見て、用材に主として心材部が用いられることと、ヤニ処理のため高温乾燥が多く乾燥時間そのものが短いことから、あまり大きな効果は期待できないと思われる。

結論として、カラマツの林内乾燥は巻枯らしによるのがよく、処理開始時期は虫害への安全性を見込んで、梅雨明け少し前の7月上旬から落葉2~3か月前の8月下旬までとし、期間は葉が枯れるまでの2~3か月とするのが適当と考えられる。

III 試験目的

林野庁では国有林材の需要拡大を目的として、葉枯らし、巻枯らし処理した良材「サンドライ」の生産を推進している。現在、「サンドライ」は主としてスギ、ヒノキについて行われているが、国有林では今後「サンドライ」の樹種を拡大していくとする計画があり、その一つにカラマツが考えられている。そのため、この試験では葉枯らしあるいは巻枯らしによる林内乾燥に関し、処理期間中の含有水分の減少経過を調べるとともに、処理によって生じる経済的効果について検討し、カラマツの「サンドライ」生産の指針を得る。

IV 試験の方法と結果

1. 試験の時期と試験地の概況

長野営林局上田営林署管内の国有林に試験地を2か所設定し、平成元年度及び2年度において計3回の葉枯らし試験を実施した。試験は伐採時期を春、夏、秋の3回としたが、春季については芽吹き後ある程度葉が育つからとし、虫害が起きやすいとされる梅雨期にわざと林内に材を放置してその状況を調べた。また、秋季については自然の落葉と降雪時期を考慮し、それまでに葉枯らしの試験が終了するように時期を設定した。試験時期、試験地、試験木などの概要を表1に示した。また、試験地域の当該時期の気象状況を長野県気象月報から抜粋して表2に示した。

表1. 試験の時期、試験地の概要

回	試験期間	季節呼び名	試験地	標高	方位	傾斜
1	1989.7.20-1989.10.24 (96日間)	夏季	長野県和田村 147林班わ	1500m	南東	緩
2	1989.9.13-1989.12.1 (79日間)	秋季	同上	1500m	南東	緩
3	1990.5.29-1990.9.10 (104日間)	春季	長野県真田町 68林班れ1	1250m	東	急

試験地：長野営林局上田営林署管内

表2. 試験地域周辺の気象状況（長野県上田市）

期間	1989年					1990年			
	7月	8月	9月	10月	11月	6月	7月	8月	9月
気温(℃) 月間平均	21.3	24.5	21.2	12.9	7.4	21.5	24.8	26.6	21.1
月間平均	25.8	30.1	25.8	18.5	14.7	27.4	31.3	33.0	26.4
月間平均	18.1	20.4	17.9	8.2	4.3	16.9	20.3	21.5	17.1
月間降水量(mm)	126	190	142	78	30	63	41	73	182
月間日照時間(hour)	141	161	107	181	153	126	158	230	127

第1回目、2回目の夏季、秋季試験を実施した和田村147林班わ小班は、標高1500m、林地傾斜20度の比較的緩やかな南東斜面であった。林齢は52年、立木密度は552本/haのカラマツ純林で、材は樹高約24m、胸高直径約30cmの優良なものであった。試験に際してはあらかじめ試験木以外の木を切り倒してオープンスペースを作ったため、葉枯らし中の材への陽光の照射はほぼ良好であった。なお、通風条件は普通と思われた。（写真1、2）。



写真1. 葉枯らし試験の状況（第1、2回目試験）

第3回目の春季試験は真田町68林班れ1小班、標高1250m、林地傾斜38度の急峻な東斜面で行った。林齢は78年、立木密度はかなり密で、ヒノキやアカマツなどの混交林であった。混交率はカラマツ20%、ヒノキ60%で、ほかはアカマツ、スギ、広葉樹である。材は樹高約31m、胸高直径約36cmのきわめて優良な大径木であった。試験地が急峻なため、伐倒時には材の先端部が衝撃で折れて葉枯らしに障害が起こると感じられたものや、枝葉が重なり合って陽光が遮られるもの、通風が不十分なものがいくつかあった。（写真3）。



写真2. 葉枯らし試験の状況（第1、2回目試験）



写真3. 葉枯らし試験の状況（第3回目試験）

2. 試験の進め方

いずれの試験も供試木は5本を1組とし、表3に示すようなそれぞれ異なる試験方法で実施した。葉枯らしはすべて枝葉付き、皮付きのまま行い、ほとんどを谷側に伐倒した。

Aは伐倒時における立木の生材含水率を調べるための実験である。材は伐倒後3mまたは4m間隔で玉切りし、伐根部と地面からそれぞれ0.6m, 1m, 5m, 8m, 12m, 16mの位置で厚さ約3cmの円板を採取し、これを適当な大きさに分割して全乾法により辺材部、心材部別に含水率を測定した。また、長さ3mに玉切りした2番玉は、そのあと山土場に放置して含水率低下の状態を調べた。これは葉枯らし等林内乾燥との違いを見るために参考として行ったものである。

B, C, Dは葉枯らしによる含水率の減少状況を調べるための実験である。葉枯らし期間はBは伐倒後約30日、Cは約50日、Dは約80日を目安としたが、実際には試験日程の都合で多少違いが生じた。含水率の測定方法はAとほぼ同じ方法を用い、地面からの高さがそれぞれ1.0m, 5.0m, 8.0mの位置で円板を採取して行った。この方法は全乾法であるため含水率の測定は正確に行えるが、各実験で用いる試験木がそれぞれ異なるため、個体差が大きい場合は葉枯らしの効果を正確に把握することが難しい。そこで葉枯らし期間の最

表3. 供試木の性状と測定事項

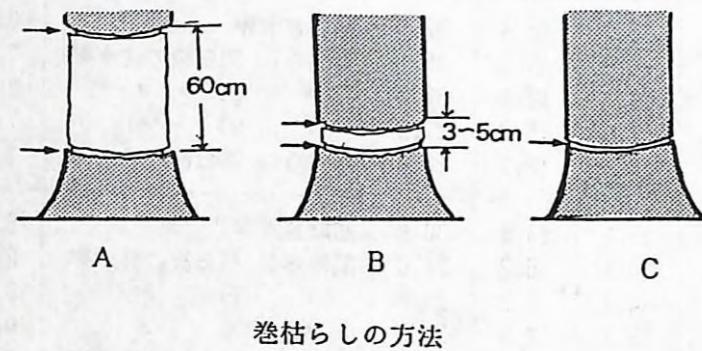
試験時期	記号	樹高 (m)	枝下高 (m)	胸高直 径(cm)	測定事項	実験 開始日	円盤 採取日
夏季 (1989年)	A	25.7	18.4	32.0	初期含水率	7.20	7.20
	B	24.6	17.3	29.2	葉枯らし 33日後の含水率	7.20	8.22
	C	23.7	17.4	32.0	" 54 "	7.20	9.12
	D	21.0	15.2	27.6	" 96 "	7.20	10.24
	E	26.5	18.1	28.8	巻枯らし 96日後の含水率	7.20	10.24
秋期 (1989年)	A	25.1	14.8	30.0	初期含水率	9.12	9.12
	B	24.4	16.2	24.0	葉枯らし 41日後の含水率	9.13	10.24
	C	24.3	16.3	26.4	" 79 "	9.13	12. 1
	D	25.2	13.7	31.6	" 79 "	9.13	12. 1
	E	25.5	15.7	32.8	巻枯らし 79日後の含水率	9.13	12. 1
春期 (1990年)	A	34.3	21.3	41.2	初期含水率	5.29	5.29
	B	30.7	14.9	34.0	葉枯らし 36日後の含水率	5.29	7. 4
	C	36.0	16.0	35.4	" 65 "	5.29	8. 2
	D	34.5	16.2	41.0	" 104 "	5.29	9.10
	Ea	26.7	15.8	34.0	巻枯らし 104日後の含水率	5.29	9.10
	Eb	25.9	14.8	33.2	" 104 "	5.29	9.10
	Ec	27.1	13.5	35.6	" 104 "	5.29	9.10

注) 樹高、枝下高、胸高直径は供試木5本の平均値

も長いDの試験では、終了時に円板を採取するのとほぼ同位置から、試験途中の適当な時期に木工錐によって木材細片を切り出し、その含水率を調べることによって葉枯らし中の含水率変化を連続的に測定した。木工錐は直径30mmのものを用い、できる限り弱い力で木片を切り出すようにした。この含水率測定法は前回のスギ、ヒノキの葉枯らし試験で用いたのと同じである。

Eは巻枯らし試験である。巻枯らしの方法は1回目の夏季試験では1種類だけとし、まずチェーンソーによって根本付近に60cm間隔で深さ2~3cmの切り込みを2か所入れ、この間の樹皮を剥皮するとともに、下側を約5cmの幅で帯状に辺材部分を切り取った。しかし、この方法は作業に手間が掛かり現実的でないため、2回目以後は別の方法をとることとし、秋季試験では図1のうちAの方法を、また、春季試験ではA、B、Cの3つの方法をとった。すなわち、Aはチェーンソーを用いて深さ2~3cmの切り込みを60cm間隔で2か所入れ、その間の樹皮を剥皮する方法、Bは切り込みの間隔を3~5cmとして同じく剥皮する方法、Cは切り込みのみを1か所入れる方法である。

巻枯らし試験における含水率減少経過の測定は、前に述べた木工錐による方法で行った。この場合、木材細片を切り取る位置はチェーンソーによる切込みから上に約1m離れた位置とした。また、巻枯らし終了後は材を伐倒し、地面から約5mと8mの位置で円板サンプルを採取して全乾法により含水率を測定した。



A : 幅60cmを剥皮。
B : 幅3~5cmを剥皮。
C : チェーンソーの切込みのみ。
→ : チェーンソーによる切込み、深さ2~3cm。

図1. 巷枯らし試験の方法

3. 樹高方向、季節別の初期含水率

3回の試験における試験開始時の材の生材含水率を測定した。結果は図2~4に示すように、季節別では辺材部の含水率が約130~140%と春に最も高く、夏、秋としだいに低くなっていく傾向があるが、心材部の含水率は季節による変化がほとんど見られない。一方、円板全体としては、含水率は夏、秋に多少低くなるようにも思われるが、年間を通じてほぼ一定であった。カラマツはスギなどに比べると辺材部の割合が少なく、なかでも供試木はいずれも大径の成熟材で、辺材部分が極端に少なかったためこのような結果になったものと思われる。地上高別では伐根部の含水率が、心材ではやや高く、辺材ではやや低くなる傾向が見られるが、ほとんどどの部位も一定と考えてよいようである。以上の結果を見ると、カラマツ立木の生材含水率分布の状態はヒノキと非常によく似かよっており、全体としてヒノキよりいくぶん含水率が低いようである。

なお、供試木の初期含水率は辺材が約100~140%，心材が35~40%で、辺心材込みでは60~70%であった。

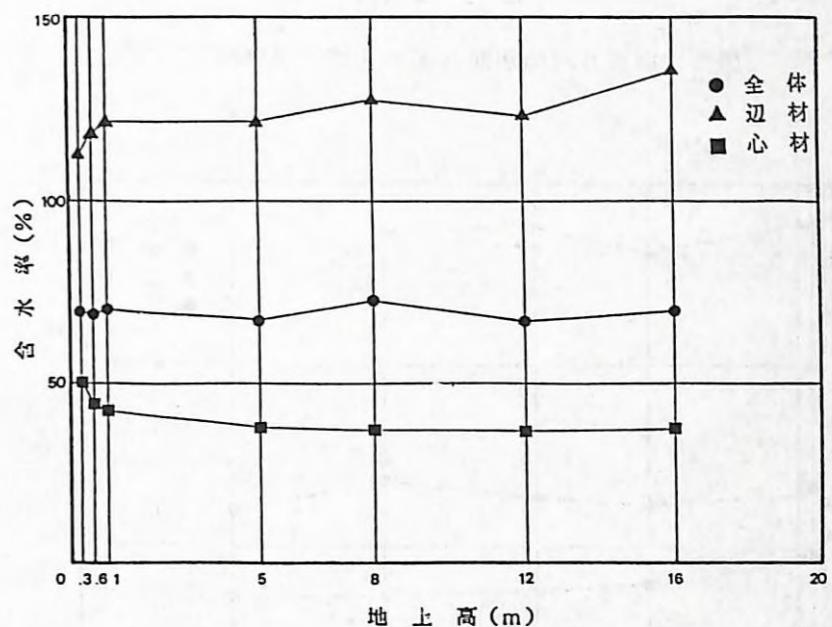


図2. 樹高方向の初期含水率（夏季伐倒材）

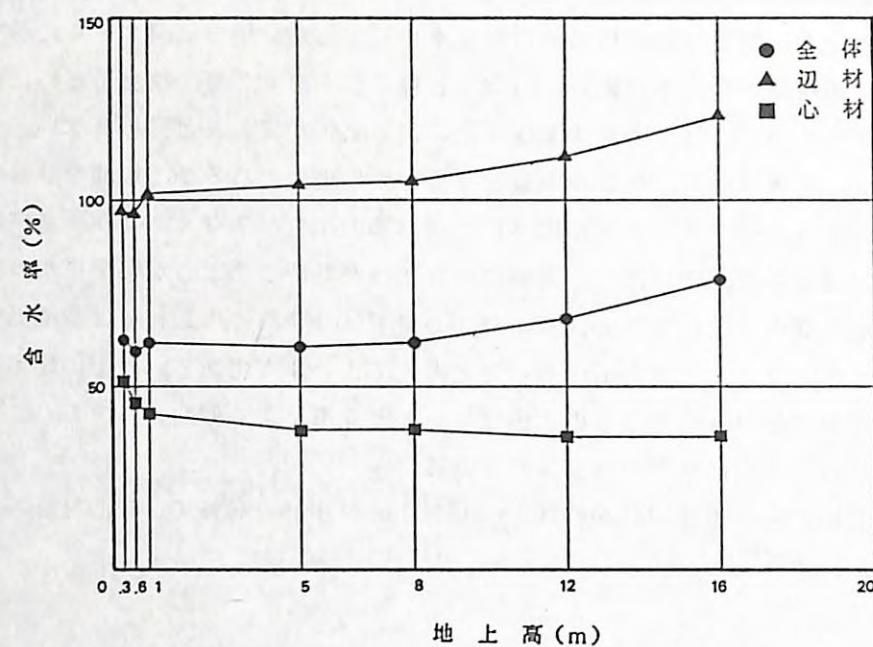


図3. 樹高方向の初期含水率（秋季伐倒材）

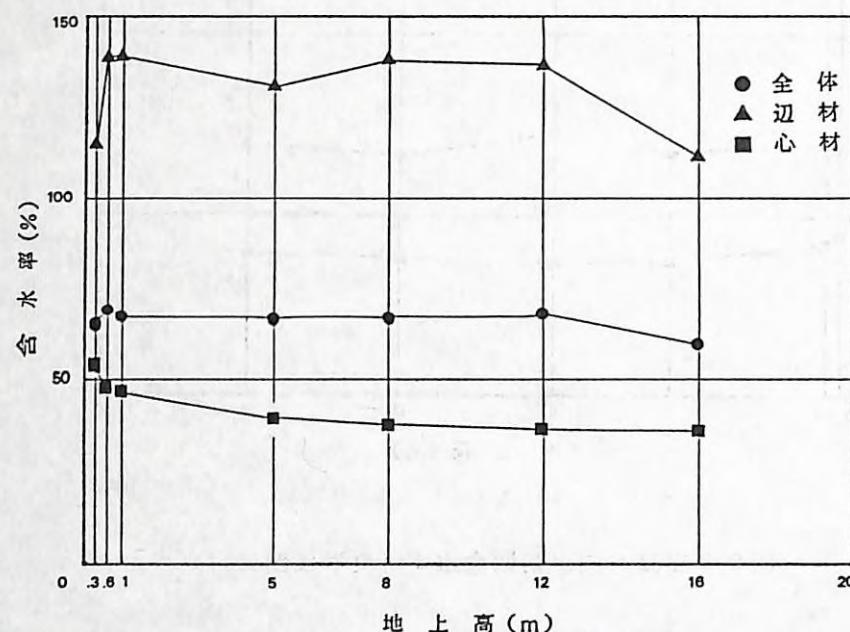


図4. 樹高方向の初期含水率（春季伐倒材）

4. 葉枯らしによる乾燥効果

葉枯らしによる乾燥効果を調べるために、季節別にそれぞれ約3か月間の試験を行った。表4及び図5～7に含水率変化の測定結果を示した。ここでの含水率測定は、葉枯らし開始から一定期間経過後材を玉切って、2番玉の両側からそれぞれ1枚づつ円板サンプルを採取する方法で行った。従って、測定値は5個体からの計10枚の円板の平均値である。この場合、試験木はいずれも含水率測定時に玉切りしてしまうため、各測定点はそれぞれ別の個体のものとなる。しかし、カラマツは季節による初期含水率の変動が少なく、また、個体差も少ないため、この方法でも測定結果は十分信頼できるように思われた。この試験では、これとは別に同一試験材で葉枯らし期間中の含水率変化を連続的に測定するため、木工錐を用いた測定も行っているが、高含水率域での測定に多少問題があるため、ここではより信頼度の高いと思われる円板サンプルによる測定結果のみを示すことにした。

試験結果によると、心材含水率は葉枯らしを行ってもほとんど変化しないが、辺材含水率はかなり減少する傾向が認められた。図2～4の初期含水率の測定結果をふまえて、辺材含水率の減少経過を考えてみると、夏季は辺材含水率が約3か月間でおよそ120～130%から60～70%まで低下するとみられる。また、秋季は110～120%から70～80%まで、また、春季は130～140%から70～80%まで乾燥するとみられる。

表4. 葉枯らし材の含水率変化（円板サンプル）

試験時期	辺心材別		初期含水率 (%)	約1か月後 (%)	約3か月後 (%)
	辺材	心材			
夏季 (1989年)	辺材	平均 (範囲)	124 (108～137)	92 (58～119)	64 (42～96)
	心材	平均 (範囲)	38 (36～43)	38 (32～38)	38 (34～44)
秋季 (1989年)	辺材	平均 (範囲)	105 (94～111)	118 (87～167)	86 (53～126)
	心材	平均 (範囲)	38 (35～43)	39 (35～46)	37 (35～39)
春季 (1990年)	辺材	平均 (範囲)	134 (120～144)	77 (54～127)	82 (45～119)
	心材	平均 (範囲)	41 (36～45)	37 (33～40)	42 (40～44)

注) 約1か月後：夏季(33日後)、秋季(41日後)、春季(36日後)

約3か月後：“(96日後)、”(79日後)、“(104日後)

試料数：5個体、10サンプル 採材位置：地上高5～8m

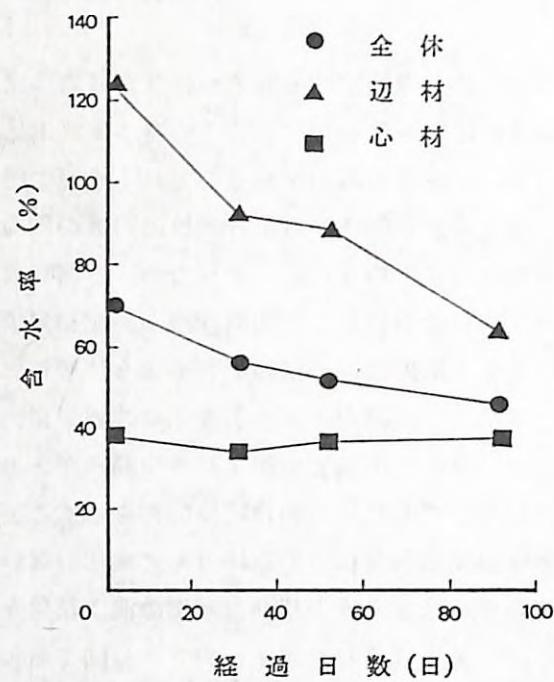


図5. 葉枯らし材の乾燥経過（夏季）
(円板サンプル, 5個体の平均値)

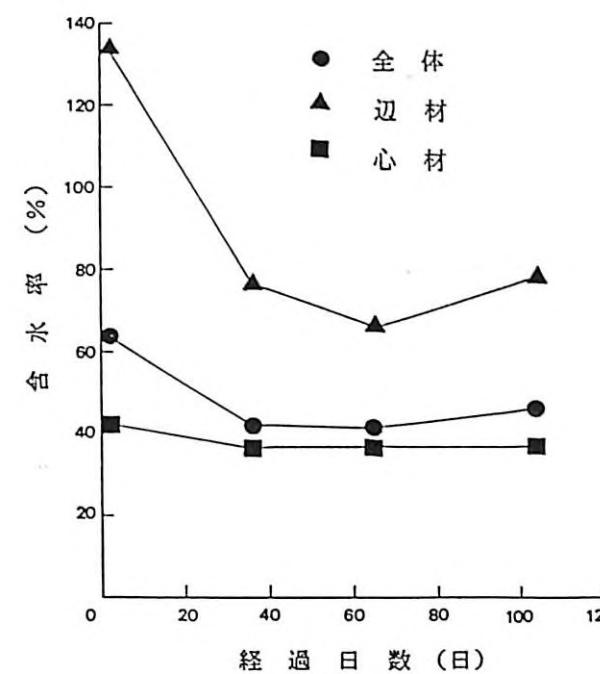


図7. 葉枯らし材の乾燥経過（春季）
(円板サンプル, 5個体の平均値)

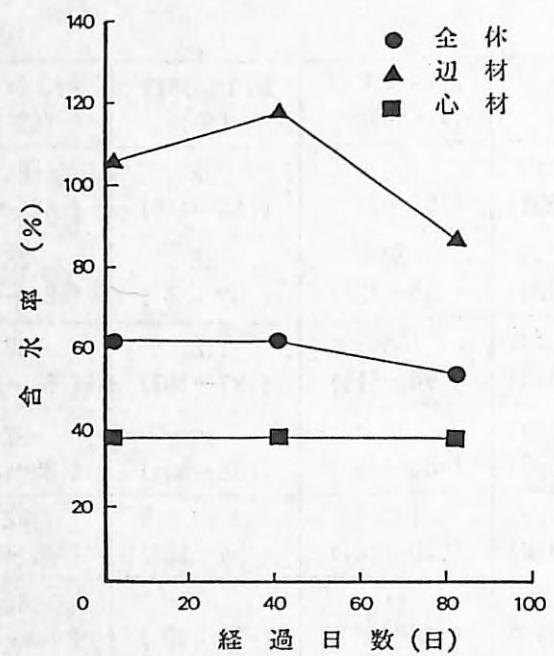


図6. 葉枯らし材の乾燥経過（秋季）
(円板サンプル, 5個体の平均値)

初めはカラマツは落葉性のため、葉枯らし開始後すぐに落葉するか、秋季には早い時期に落葉し、それほど葉枯らしの効果が無いことが懸念されたが、ほかの樹種と同じように伐倒後2～3か月かかって次第に葉が枯れていき、この間に徐々に含有水分が減少していくことが確認された。写真4は夏季試験の33日後の状態であるが、葉の枯れはまだそれほど進んでいない。葉の枯れは54日後にはおよそ全体の半数くらいに及び、96日後には全数が枯れていた。写真5は秋期試験の41日後であるが、葉の枯れはかなり進行し、葉の一部にわずかに緑色の部分が残っている状態であった。この時期にはすでにほかの一般のカラマツでは紅葉が進んでおり、これに比べると葉枯らし材はむしろ葉の黄変が遅れる傾向が見られた。写真6は春期試験終了時の104日後であるが、葉はまだ完全には枯れておらず、ほとんどの材が緑色の部分をかなり多く保ったままであった。この試験よりあとの時期に伐採した夏季試験では、同時期にすでに半分くらい葉の黄変が進んでいたことを考慮すると、春季試験は試験地が急峻で陽光が周りの木に遮られ、風通しも悪かったことによる影響ではないかと考えられる。



写真4. 葉枯らし試験33日後 (夏季伐倒材)



写真5. 葉枯らし試験41日後 (秋季伐倒材)



写真6. 葉枯らし試験104日後 (春季伐倒材)

5. 巻枯らしによる乾燥効果

伐倒後材を林内に放置する葉枯らし乾燥に比べ、立ち木の状態で根からの水分の吸収を妨げ、自然に葉を枯らして乾燥させる巻枯らしは、作業性や虫害防止の面では優れているといえる。しかし、スギ、ヒノキの例では葉がなかなか枯れず、林内乾燥の効果が得られ難かった。そこで、この試験では、まず最初に、作業性の良否にかかわらず確実に葉が枯れるとと思われる処理方法を選び、次にこれを簡素化していく方法をとった。

巻枯らしによる林内乾燥の効果を調べる方法として、ここでは葉枯らしと同様に伐倒後に円板を採取してその含水率を調べる方法と、処理期間中の適当な時期に木工錐により木片サンプルを切り出し、含水率変化を連続的に調べる方法とを併用した。図8は木工錐による含水率測定法の精度を調べるため、木工錐サンプルと円板サンプルとの含水率を比較したものである。含水率50%以下では両者はかなりよく近似しているが、高含水率域では木工錐サンプルがやや低い値を示す傾向がある。これは木工錐による切削時に水が絞り出されるためである。これを防ぐには直径の大きなよく切れる錐を用いる必要があるが、その点を注意すればまずまずの測定結果が得られると考えられる。

表5は円板サンプル、図9～11は木工錐サンプルによる測定結果である。夏季及び秋季試験では、いずれも早い時期から辺材含水率の著しい減少が見られる。図5、6の葉枯らしに比べて含水率の減少スピードが速く、また、3か月後には最終的に心材とほぼ同レベルまで含水率が低下した。

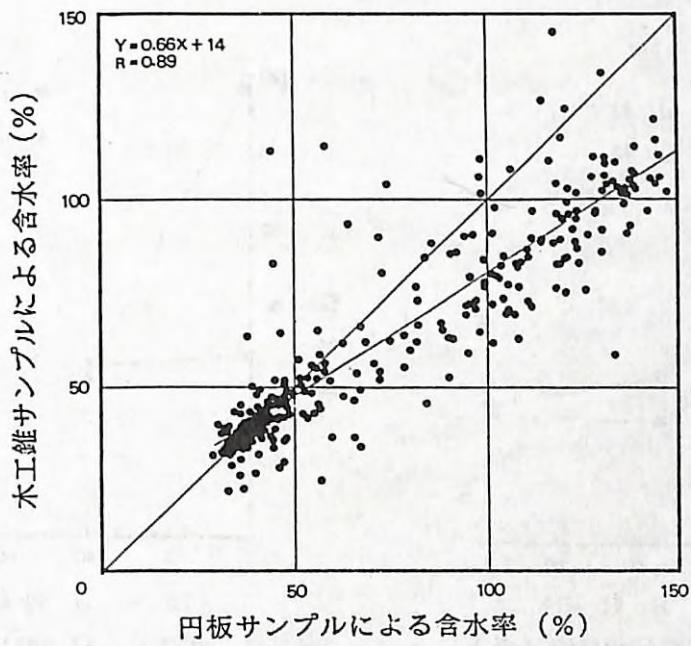


図8. 木工錐による含水率測定の精度

表5. 巻枯らし材の含水率変化(円板サンプル)

試験時期	処理方法	辺材	心材	約3か月後(%)
夏季 (1989年)	A'	辺材 平均 (範囲)	37 (35~39)	
		心材 平均 (範囲)	35 (33~39)	
秋季 (1989年)	A	辺材 平均 (範囲)	68 (49~85)	
		心材 平均 (範囲)	40 (38~42)	
春季 (1990年)	A	辺材 平均 (範囲)	38 (36~41)	
		心材 平均 (範囲)	37 (35~41)	
	B	辺材 平均 (範囲)	39 (33~48)	
		心材 平均 (範囲)	35 (30~38)	
	C	辺材 平均 (範囲)	53 (36~93)	
		心材 平均 (範囲)	36 (34~40)	

処理方法
A: チェーンソーで切り込みを入れ、幅60cmを剥皮。
A': Aの処理をし、さらに辺材部分を帯状に幅5cm切り取る。
B: チェーンソーで切り込みを入れ、幅3~5cmを剥皮。
C: チェーンソーで切り込みのみを1か所入れる。

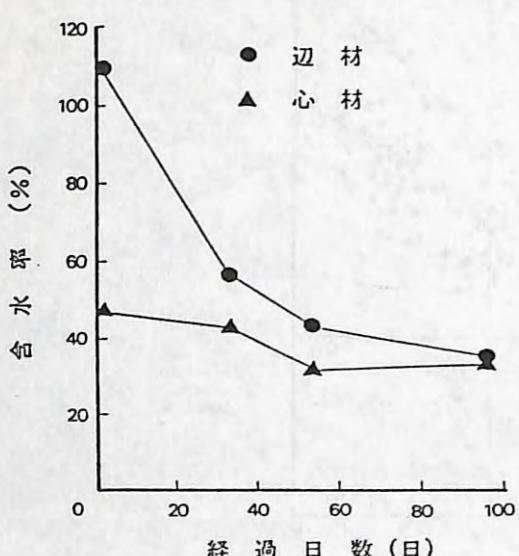


図9. 巻枯らし材の乾燥経過(夏季)
(木工錐サンプル, 5個体の平均値)

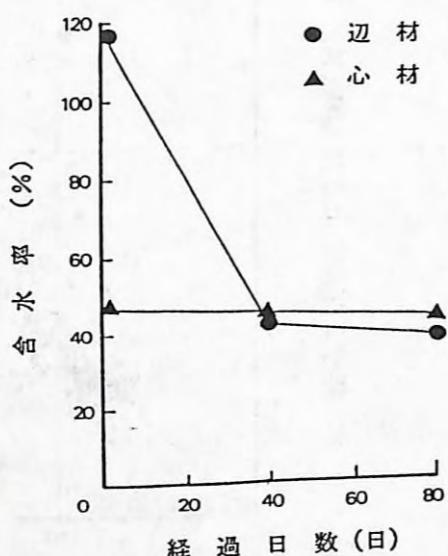


図10. 巻枯らし材の乾燥経過(秋季)
(木工錐サンプル, 5個体の平均値)

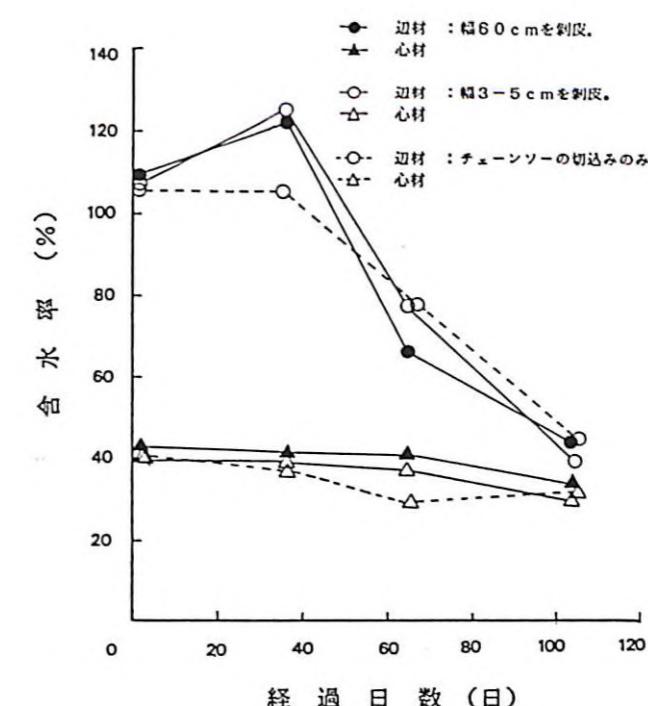


図11. 巻枯らし材の乾燥経過(春季)
(木工錐サンプル, 5個体の平均値)

写真7は夏季試験の33日後であるが、写真4の葉枯らしよりも早く葉の黄変が始まっている。また、写真8は秋季試験の41日後で、写真中央の処理材は他の木よりも早く葉が枯れ落ちている。一方、試験開始後まもなくして梅雨を迎えた図11の春季試験では、初めはそれほど含水率が減少しないが、その後8月にかけては急激に辺材含水率が減少し、9月上旬には夏季、秋季試験と同じく約40%近くまで低下した。試験終了時の104日後には葉はすっかり枯れ、この場合も葉の黄変、枯れは写真9のように巻枯らしの方が早く進行した。

巻枯らし処理の方法と乾燥効果の関係では、処理方法Aの幅60cmにわたって剥皮する方法は十分効果が大きいと判断されたが、この方法は現場における作業性がよくないことが問題である。これに対して剥皮の幅を3~5cmにしたBの方法は、Aとほぼ同程度の乾燥効果が得られた。もう1つのチェーンソーの切り込みだけを入れるCの方法は、図11ではほとんどほかと同じくらい効果のある結果が得られているが、試験終了時の円板サンプルによる測定結果によると、3、4番玉の中に含水率の高いままの材がいくつか含まれていた。このため、作業性と乾燥効果の両面から判断し、巻枯らし方法としてはBの方法が適していると思われる。



写真7. 巻枯らし試験33日後（夏季）

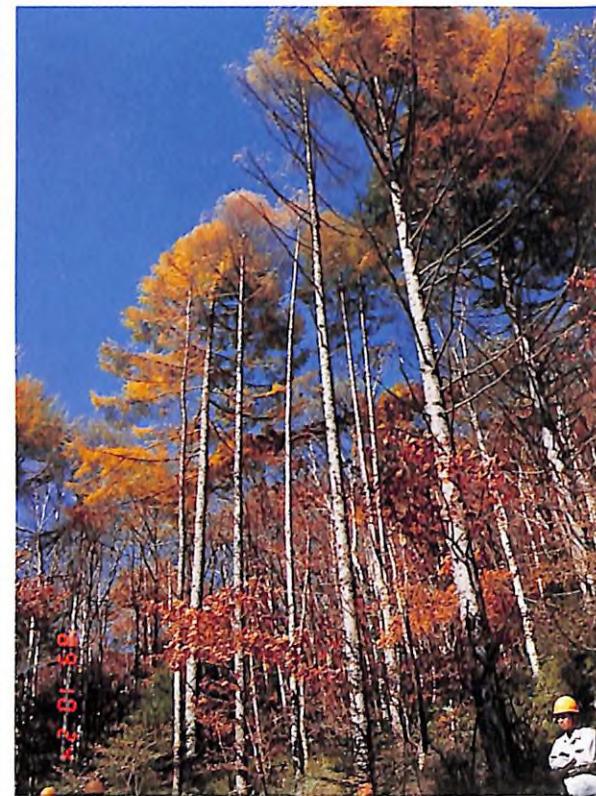


写真8. 巻枯らし試験41日後（秋季）



写真9. 巻枯らし試験104日後（春季）

6. 葉枯らし, 巻枯らしによる重量の減少

葉枯らし, 巻枯らしによる材の重量減少を, 辺心材の含水率の変化から計算により求め, 表6に示した。計算は容積密度数を 400kg/m^3 一定とし, 辺心材の比率と含水率の値を用いて行った。図12によれば葉枯らしによる重量減少は夏期が約15%と最も大きく, 秋季,

表6. 葉枯らし, 巻枯らしによる重量変化

試験時期	処理方法	初期 (kg/m ³)	約1か月後 (kg/m ³)	約3か月後 (kg/m ³)
夏季 (1989年)	葉枯らし	800	725	678
	巻枯らし A	—	—	622
秋季 (1989年)	葉枯らし	760	732	693
	巻枯らし A	—	—	666
春季 (1990年)	葉枯らし	740	661	688
	A	—	—	618
	巻枯らし B	—	—	611
	C	—	—	631

注) 容積密度数: 400kg/m^3 辺材率: 31.7%
巻枯らしの処理方法は表5参照。

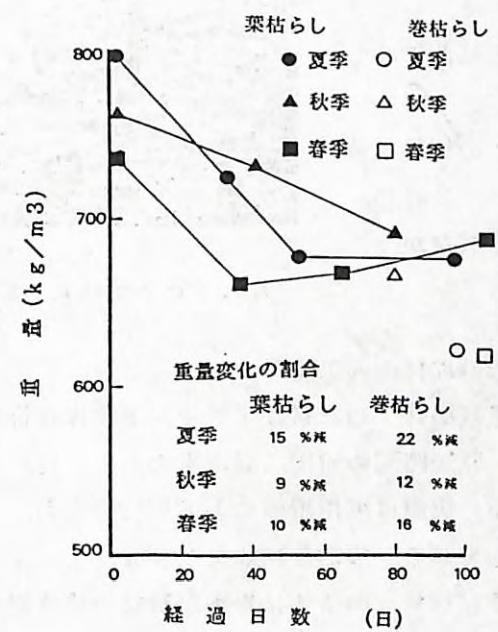


図12. 葉枯らし, 巻枯らしによる重量減少

春季はおよそ10%であった。これに対し、巻枯らしは夏期22%，ほかが15%前後であった。スギ、ヒノキに比べれば重量減少率は低いが、それでも巻枯らしによってこれらの樹種の2/3くらいの重量減少が達成できる。また、今回試験に用いた材は辺材率がかなり小さいが、一般にはこれより若令の材が多いため辺材率がもう少し多く、従って、重量減少はこれより多くなることが予想される。この点を加味するとカラマツもほかの樹種と同等あるいはそれ以上の重量減少が期待できると言えよう。

重量減少の観点からは葉枯らしよりも巻枯らしのほうが有利で、処理期間は春季は約3か月、ほかの季節は約2か月が適当と思われる。また、いずれの時期においても葉が十分枯れるまでというのが一つの目安になろう。

7. 葉枯らし、巻枯らし期間中の虫害の発生

葉枯らし、巻枯らし終了材の虫害並びに青変の発生状況を観察したところ、葉枯らしの夏季及び春季伐倒材で直径2~3mmのピンホール状の穴（写真10）や、樹皮裏側から辺材に及ぶ腐朽が見られた。特に梅雨時期に林内に放置した春季伐倒材では腐朽が著しく、かなり辺材部深くまで及ぶものがあり、また、青変菌もかなり全体に広がっていた。しかし、これらの害が及ぶのはいずれも辺材部のみで、かなり腐朽が著しいものでも心材部には全く影響がなかった。

これに対し、葉枯らしの秋季伐倒材と巻枯らし材ではすべてに腐朽、青変いずれの害も認められなかった。

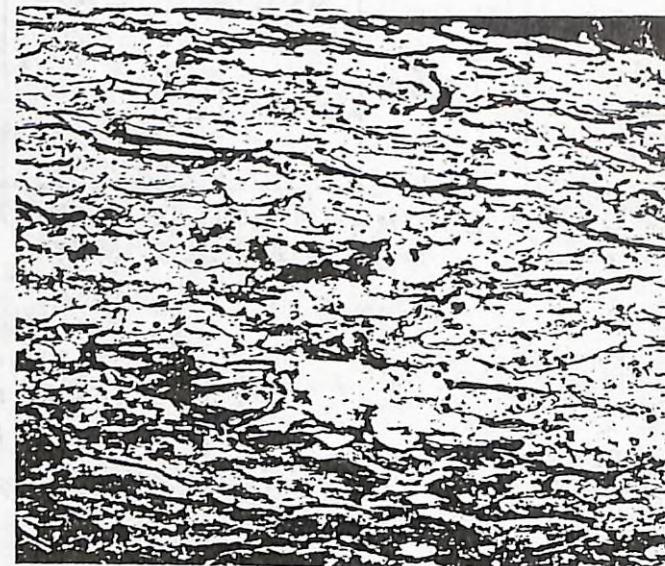


写真10. 葉枯らし期間中に発生した虫害

8. 葉枯らし、巻枯らし処理材の人工乾燥

葉枯らし、巻枯らし処理の終了した材は製材後人工乾燥を行い、林内乾燥によって生じる波及効果、すなわち、乾燥時間の短縮、収縮率の減少、狂いやねじれの減少、ヤニの軽減などについて検討した。実験は実用規模のIF型乾燥室と、小型の実験装置の2種類を用いて、現在広く普及している一般的な乾燥スケジュールによって行った（表7）。

図13は夏季及び秋季試験材、図14は春季試験材の乾燥経過である。板材は厚さ25mm、平割材は厚さ45mmで、材の厚さによって多少乾燥速度が異なるが、いずれも生材と葉枯ら

し材あるいは巻枯らし材との間にほとんど有為な差が認められなかった。図14では巻枯らしの板材の乾燥時間がほかに比べて短いが、これはたまたま試験材含水率が低かったためである。実験には心材部から木取った材を用いているが、心材含水率は葉枯らし、巻枯らし処理をしてもほとんど変化しないように思われるため、乾燥時間もあまり変わらないと見るのが妥当であろう。カラマツは成木では一般に辺材部が少なく、用材としては主に心材部が利用される。従って、このような場合は林内乾燥の効果は少ないが、辺材率が多い小径材などでは林内乾燥により含水率がかなり低くなることが考えられるため、これを乾燥する場合には乾燥時間の短縮効果は大きいはずである。

このほか、葉枯らし、巻枯らし材の収縮率、狂い、ねじれ、ヤニなどについても検討したが、これについてもいずれも有為な差は認められなかった。

表7. カラマツ材の人工乾燥スケジュール

時間 (hr)	含水率 (%)	乾球温 度(°C)	湿球温 度(°C)	乾湿球温 度差(°C)	備考
0~2	生	30~90	30~90	0	温度上昇
2~5	〃	90	90	0	蒸煮 3hr
5~11	生~30	90	85	5	
11~24	30~25	90	80	10	
24~31	25~20	90	75	15	
31~50	20~12	90	70	20	
50~	調湿	90	83	7	

材厚：板材 25mm、平割材 45mm

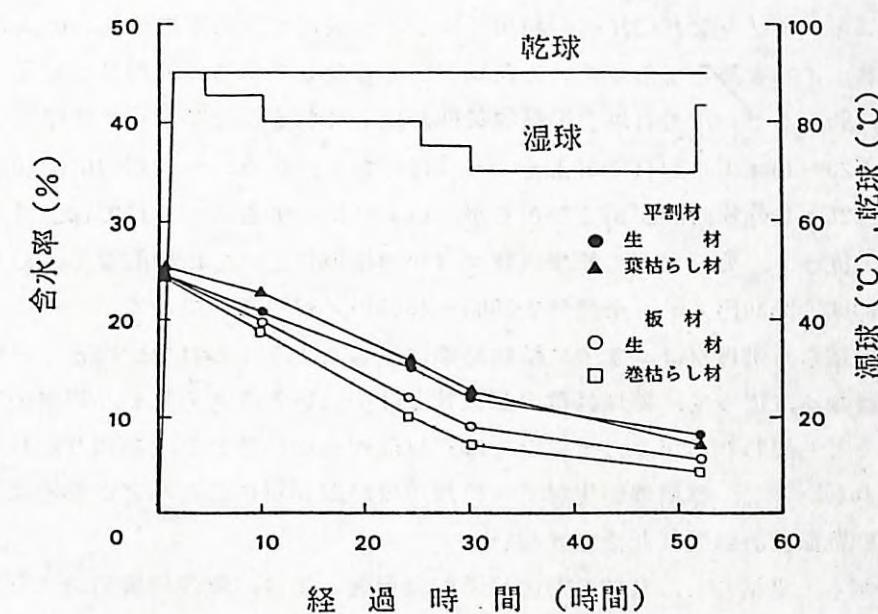


図13. カラマツ材の人工乾燥経過 (夏季, 秋季試験材)

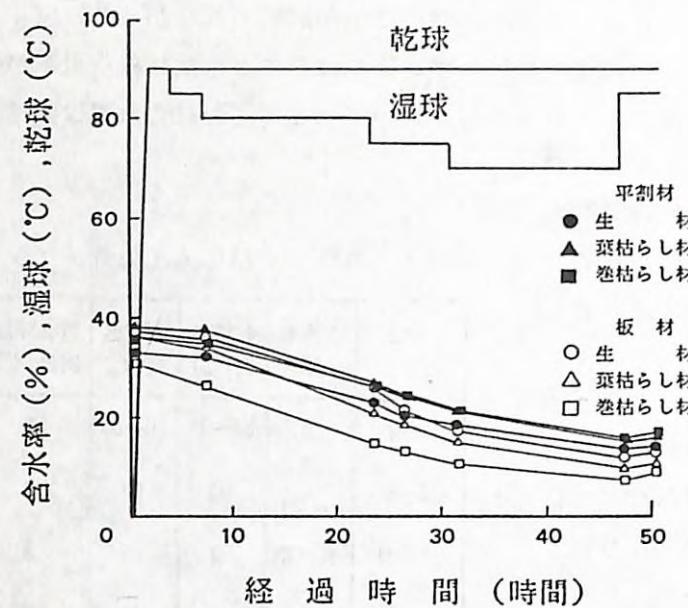


図14. カラマツ材の人工乾燥経過（春季試験材）

また、この試験では比較のため伐倒後すぐに玉切りし、約3か月間林内に放置した材についても製材し乾燥したが、含水率はほとんど生材と変わらず、乾燥性にも違いが見られなかった。玉切り材は皮付きの状態では放置中にほとんど含水率変化がないようである。

9. 葉枯らし、巻枯らし材の乾燥経費節減効果

カラマツはスギ、ヒノキなどに比べ、利用に際して一般にヤニの滲出や狂いの大きいことが問題とされ、これを防止するため人工乾燥が広く普及している。乾燥スケジュールとしては乾球温度90°Cあるいはそれ以上の高温条件が用いられることが多い、標準的な乾燥所要時間は厚さ25~45mmの平割材でおよそ2~3日である。また、一辺が100mm前後の正角材の場合はこれより乾燥時間が長くかかるが、いずれにしても3~4日で仕上げることが可能である。従って、カラマツの乾燥経費はほかの樹種に比べて比較的安く、目安としては平割材で2000~2500円/m³、正角材で3000~4500円/m³くらいである。

葉枯らし、巻枯らし処理材は、すでに試験結果に示したように心材ではほとんど乾燥時間の短縮効果はなく、従って、乾燥経費の節減効果は少ないと考えられる。辺材の場合は多少効果があるとも思われるが、カラマツでは辺材部が少ないと、あまり辺材が用材として用いられないこと、無処理の生材でも乾燥所要時間が短いことなどから考えると、ほとんど乾燥経費節減の効果は期待できない。

以上のことから、葉枯らし、巻枯らしの経済的効果としては、乾燥経費節減よりはむしろ材全体の重量が軽減することによる集運材の際の効果が大きいといえよう。

10. カラマツ材の林内乾燥を進めていくに当たって

このたびの試験結果や既往の成果などを勘案し、今後カラマツの林内乾燥を進めていくに当たって留意すべき点を、以下に箇条書きで記す。

- (1) 葉枯らしは春から夏までに処理を開始すると、処理期間中に虫害や青変が発生するため処理開始は秋季以降とすべきである。ただし、開始時期が遅くなると落葉期に近づくため林内乾燥の効果は低減する。
- (2) 林内乾燥による含有水分の減少効果は、適切な処理方法をとればどの季節も葉枯らしよりは巻枯らしの方が大きい。
- (3) 巷枯らしでは梅雨前に処理を開始しても虫害の発生はなかったが、安全のため処理開始は7月上旬からとし、落葉2~3か月前の8月下旬までとするのがよいと思われる。また、処理期間はいずれも葉が枯れるまでの2~3か月とする。
- (4) 巷枯らしの処理方法としては、伐根近くにチェンソーで心材部まで達する切り込みを約3~5cm間隔で2か所入れ、この間の樹皮を剥ぐ方法が作業性と効果の両面から適していると考えられる。

引用文献

- (1) 鷲見博史、佐藤庄一、齋藤周逸、中野達夫：スギ、ヒノキ材の葉枯らし、巻枯らし等林内乾燥試験、昭和61年度国有林野事業特別会計技術開発試験成績報告書、157-171 (1986)
- (2) 高橋邦秀、原田哲郎：カラマツの立木乾燥、北方林業、Vol.41, No.4, 7-9 (1989)
- (3) 松岡尊重、伊藤勇三郎：カラマツ葉枯らし材（サンドライ）生産、販売の一考察、青森営林局平成元年度業務研究発表集録、214-220 (1989)
- (4) 岡田広、藤井誠、荒井春男、上原一義：カラマツのサンドライ生産について、長野営林局平成元年度業務研究発表集、99-101 (1990)
- (5) 山本輝男、小根沢三巻：カラマツのサンドライ生産の調査、同上、102-106 (1990)
- (6) 駒瀬勉：カラマツのサンドライ材の生産、同上、107-110 (1990)

カラマツの葉枯らし等林内乾燥試験

-カラマツ葉枯らし処理の化学的評価-

I 試験担当者

木材化工部成分利用科抽出成分研究室

林 良興, 加藤 厚,
伊藤由紀子

II 要旨

カラマツ葉枯らし処理が材の化学的性質及び材色に及ぼす効果を知るため、葉枯らし試験を行い、処理材と対照区生材のベンゼン抽出物（全脂質、全樹脂関連物質）及びメタノール抽出物（全材色関連物質）の含有率の変化及び材色の違いを調べた。葉枯らし材ではベンゼン抽出物、メタノール抽出物含有量が低く、心材ともに対照区のそれぞれの季節の生立木に比べてやや低くなかった。材色は葉枯らし区辺材では赤色度が増加したが、心材では変化が認められなかった。

III 試験目的

カラマツの葉枯らし処理技術を確立するため、葉枯らし処理を行った場合に期待される材の化学的性質にもたらされる改善効果を評価するための基礎となるデータを得る目的で本研究が行われた。カラマツは葉枯らし処理をするとヤニが減る、あるいは材色がよくなるなどと経験的にいわれている。これらの効果につき評価するため、葉枯らし処理過程におけるカラマツ材の樹脂関連成分及び材色関連成分の含有量の変化と材色の変化を定量的に把握し、葉枯らし実行期間において、生立木に見られる同成分と材色の変化を比較して、処理効果を評価し、さらに、葉枯らし作業を実施するための好適な時期を検討することにした。カラマツの樹脂関連成分としてはアビエチン酸、ジヒドロアビエチン酸、ネオアビエチン酸、テキストロピマール酸、イソテキストロピマール酸、レボピマール酸、パルストリリン酸などの樹脂酸類、 α -ピネン、 β -ピネン、 Δ -3-カレン、 β -フェランドレン、 α -リモネンなどのモノテルペン類、脂肪酸類、炭化水素類が知られている¹⁾。カラマツ材利用上で問題となるヤニ障害は、液体のモノテルペン類や脂肪酸類に樹脂酸が溶解した状態で樹脂道、あるいは、ヤニツボに蓄えられ、切削により浸出することにより発生する。これらの成分はトータルとしてベンゼンにより抽出される。そこで、本試験ではベンゼン抽出物を全脂質（全樹脂関連物質）として、いわゆる、ヤニ含有量の目安として用いた。また、カラマツ材の材色に関連する成分としてはタキシホリン、ケルセチンなどのフラボノイドやラリシレジノール、ピノレジノール、セコイソラリシレジノールなどのリグナン類、プロシヤニジンが見い出されている¹⁾。ケルセチンそれ自体は黄色であるが、

さらに、これらポリフェノール類は空気、酸、酵素などの作用で酸化重合し着色性物質に変化しやすいメタノール可溶性成分である。このため、全材色関連成分としてメタノール抽出物量を指標とした。

IV 試験の方法と結果

1) 試験法

(1) 葉枯らし試験及び採取方法：試験法は、すでに著者らがスギの葉枯らし試験において実施した方法に準拠して行った²⁾（図1参照）。長野営林局上田営林署管内和田山国有林の52年生カラマツ造林地を試験地とした。東南凹斜面に生育する健全かつ成長の類似した25個体を選んだ。第1回1989年7月20日に15本を伐倒した。その中の5本（I群、20/Jul.）について、元口（I-1, 地上高0.5m）及びそこから4mの部位（I-2）で約40cmの試料を採取した。残りの10本は枝葉を付けたまま林内に放置し、葉枯らし処理を行った。伐倒方向については考慮しなかった。25本のうち残りの10本は対照区（季節的成分変化及び生材試料）として立木のままにした。約1か月後の8月22日（II群、22/Aug.）及び約3か月後の10月24日（III群、24/Oct.）にI群と同様に玉切りして葉枯らし試料を採取した。それぞれ同じ日に、先に選木した立木のなかから5本ずつ伐倒して、上

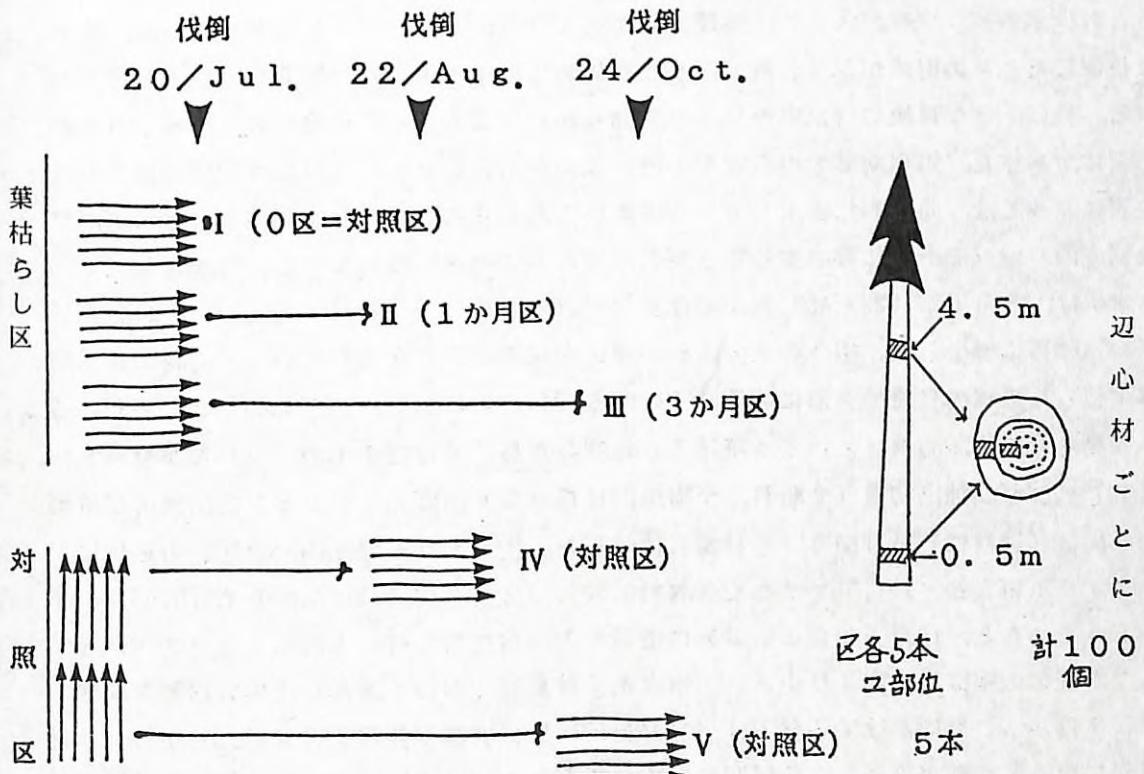


図1. 葉枯らし試験法及び試験材採取法

記同様に玉切りして対照区試料IV群 (22/Aug.) , V群 (24/Oct.) を採取した。試料材は採材後、乾燥を防ぐため、直ちにゴム系速乾性ボンドを木口に塗布し、ビニール袋に密封して搬送し、分析用試料の調製開始まで4°Cに保存した。

(2) 試料調製及び分析法：製材に際して試験材の両端を切捨て、中心部の10cmを試料に用いた。辺材を分割し、材色測定用、含水率測定用及び成分分析用試料を切り出した。含水率は試料 (3×3×5cm) を調製後速やかに105°Cで48時間乾燥して測定した。材色測定用試料は製材後70°Cで、48時間乾燥したあと、表面を平滑に削り、関係湿度70%，温度22°Cで3か月間調湿した。材色はデジタル測色色差計算機を用い、円形測色窓3cmで心材別に測定し、L・a・b・法で表示した。成分抽出試料は試験材を電子レンジで3分間加熱して酵素を失活させたあと、円盤かんな機で辺材、心材別に木口削片とし、粉碎して40-60メッシュの木粉を調製し、常法に従ってソックスレー抽出器を用いて、ベンゼン(全脂質、全樹脂関連成分)及びメタノール(全材色関連成分)で逐次抽出した。

2) 試験結果

(1) 葉枯らし効果(含水率の変化)：この試験期間における葉枯らし処理の乾燥結果を図2に示した。7月末の伐倒直後における辺材の含水率は平均124%であったが、1か月の葉枯らし処理で26%，3か月で44%の含水率の減少を示した。しかし、固体ごとにみると減少率のバラツキが大きく、処理期間が長くなるほどバラツキが大きくなつた。これは伐倒したときの樹木が置かれた場所や、樹木同士の積み重なりが影響していると考えられる。特に、3か月後の含水率を見ると変動幅が非常に大きく、伐倒時の含水率よりも高い個体があった。処理期間中の含水率の減少傾向からみると、この現象は樹木の置かれた位置によっては、局部的に吸水している可能性も考えられる。これは葉枯らし施行の際に、伐倒方向や位置を十分に考慮することが大切であることを示唆している。対照区生立木の含水率は、8月下旬(22/Aug.)までは変化がみられないが、10月下旬(24/Oct.)には平均108%に減少した。樹木の水分運動が停止期にあることを示している。心材の含水率は葉枯らし処理の有無や季節に関係なくいつも38%付近にあり、スギの心材とは著しい違いが見られた²⁾。心材においても葉枯らし処理3か月区では含水率のバラツキが見られた。

(2) ベンゼン抽出物量(全脂質、全樹脂関連性物質)の変化：ベンゼン抽出物の定量結果を図3(辺材部)及び図4(心材部)に示した。生立木(処理期間ゼロ区)の辺材において7月下旬(20/Jul.)では平均含有量0.33%，8月下旬(22/Aug.)では0.58%に増加し、その後、10月下旬には0.55%に微減する。葉枯らし材でも類似したパターンを示したが変動の幅は生立木より小さい。生立木では夏期における盛んな生体の活動を反映して、7月から8月にかけて辺材ではベンゼン抽出物の変動が非常に大きい。しかし、10月下旬になると活動が終わり、蓄積期にあるので変動の幅は小さくなる。葉枯らし材は伐倒

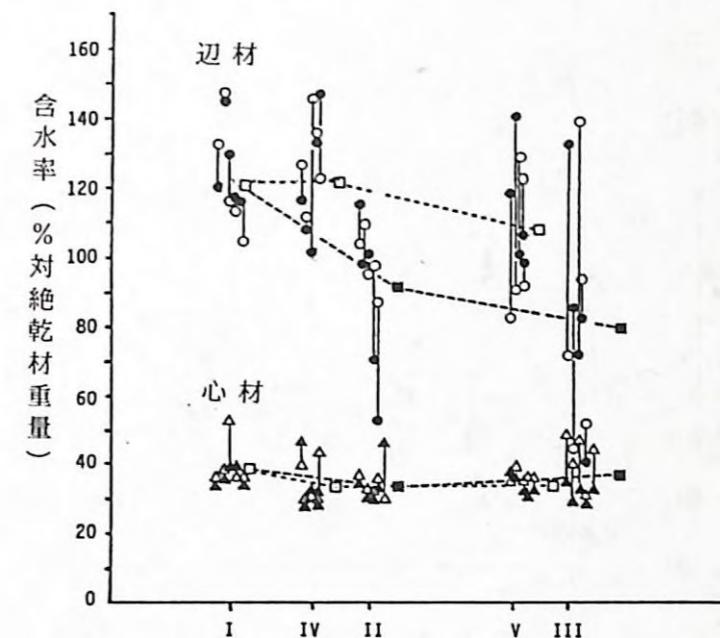


図2. カラマツ葉枯らし処理材及び対照区生材の含水率

記号；対照区地上高0.5m辺材(○),心材(△)
対照区地上高4.5m辺材(□),心材(□)
対照区地上高0.5m辺材(●),心材(▲)
対照区地上高4.5m辺材(■),心材(■)
I: 7月20日伐倒, II: 7月20日伐倒後1か月処理材, III: 同3か月処理材, IV: 8月22日伐倒生材, V: 10月24日伐倒生材

後なおしばらく生命活動を維持し続けるので、1か月後では同時期の生立木と同じパターンを示すが、代謝能低下、物質供給が減少するので含有量は少なくなり、やがて停止するので、結果的に3か月区の全脂質含有量は少なくなると考えられる。3か月区では、同様の理由で、比較的部位による含有量の変動の幅が小さくなり、均質化の傾向が見られた。心材では処理区、対照区ともほとんど変化はないが、含有量は処理区のほうがやや低く現われている。このような点で、この期間における全脂質(全樹脂関連物質)の含有量は小さくなつておる、わずかではあるが、経験的にいわれている葉枯らし処理のヤニ減らし効果が見られる。

(3) メタノール抽出物量(材色関連物質)の変化：メタノール抽出物の含有量の変化も全脂質と似たパターンを示した(図5, 図6)。辺材における変動幅は対照区において大きく、転流糖類の代謝が盛んなためと推定される。辺材、心材とも成分含有量は処理区がやや少なくなっている。

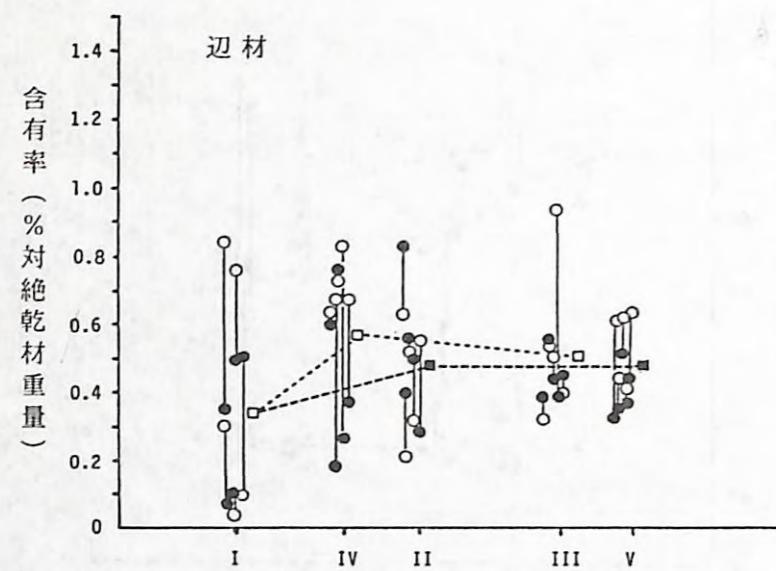


図3. カラマツ葉枯らし処理材及び対照区生材のベンゼン抽出物含有率(辺材)
記号; 前出と同じ

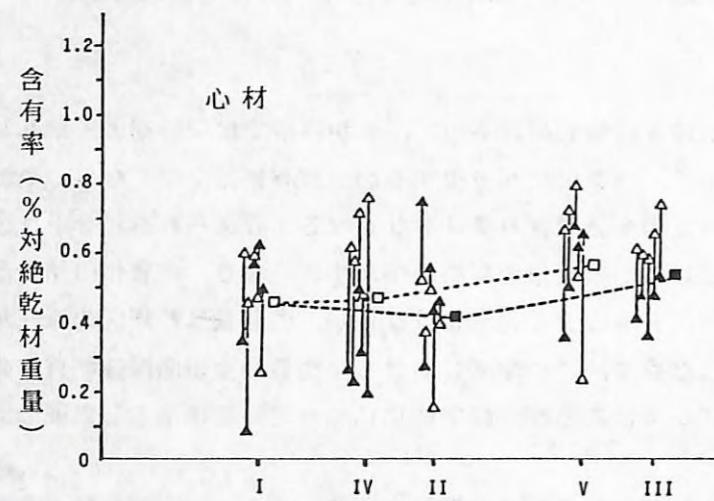


図4. カラマツ葉枯らし処理材及び対照区生材のベンゼン抽出物含有率(心材)
記号; 前出と同じ

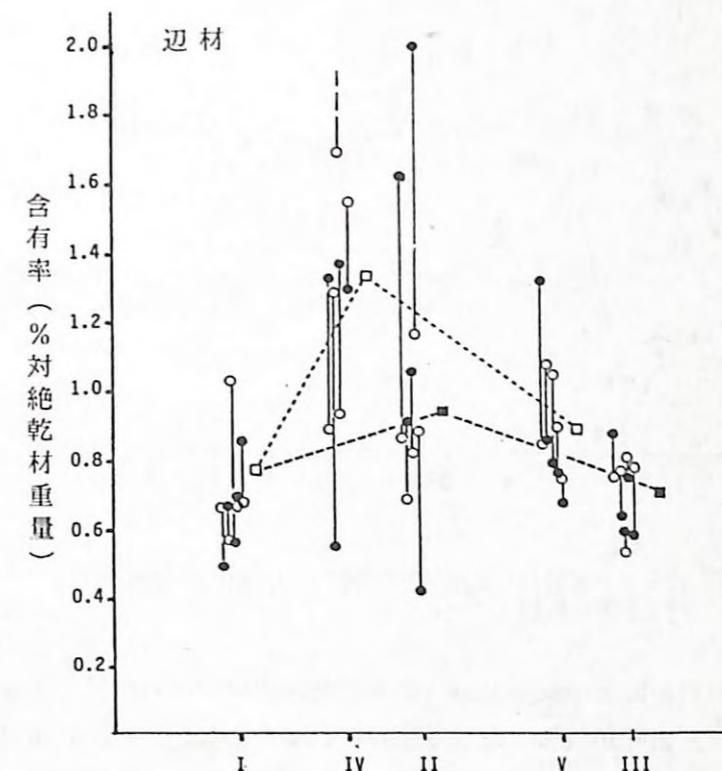


図5. カラマツ葉枯らし処理材及び対照区生材のエタノール抽出物含有率(辺材)
記号; 前出と同じ

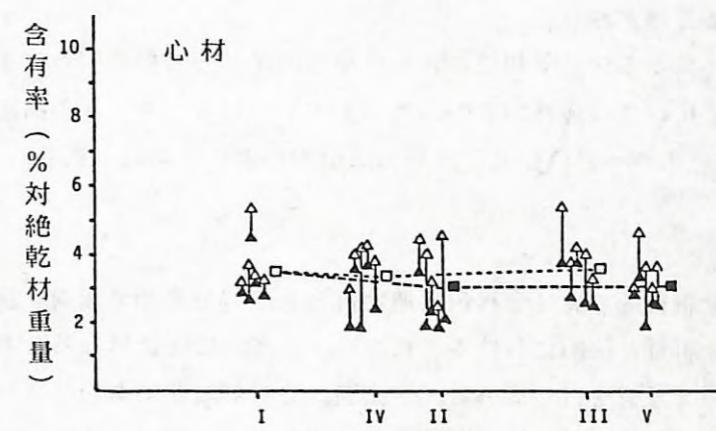


図6. カラマツ葉枯らし処理材及び対照区生材のエタノール抽出物含有率(心材)
記号; 前出と同じ

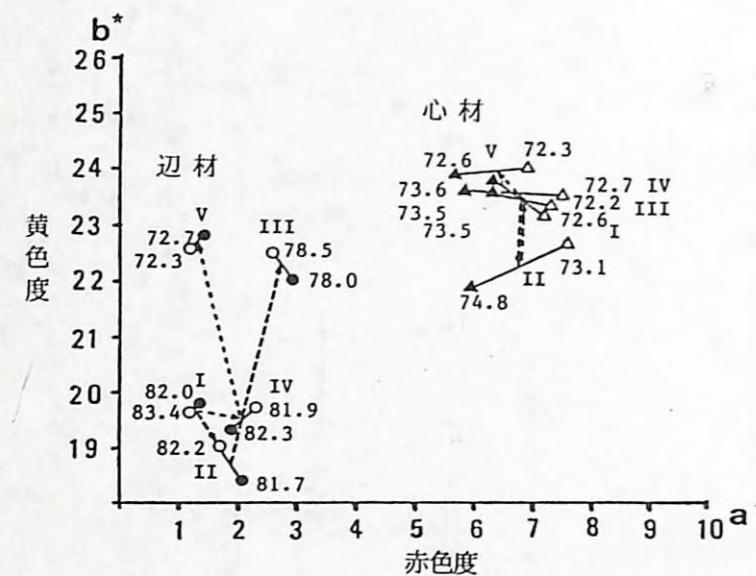


図7. カラマツ葉枯らし処理材と対照区生材の材色の変化
注: 図中の数値はL*値を示す

(4) 材色の変化: 材色の変化の様子を図7に示した。辺材では対照区の生立木は秋期になると明度が低下し、黄色味が増加したが、赤色度に変化はなかった。3か月葉枯らし区でも同程度の黄色化が起ったが、明度の低下は小さく、赤色度は大きくなつた。1か月葉枯らし区はその時期の対照区と変わりはなく、材色の変化は比較的長い処理期間のあとに起つているように見える。この結果から、葉枯らし処理により、辺材色はこの季節の平均的生立木よりもやや赤っぽい材色となることが分かつた。また、本試験では調べなかつたが、すでにスギにおいて明らかにしたように²⁾、辺材部のデンプン含量は葉枯らし処理で消費しつくされていると推定される。

以上により、7月下旬から10月下旬にかけて3か月の葉枯らし処理実行によって、カラマツは10月末伐採木に比べて、辺材では約25%の含水率の減少、わずかの樹脂関連物質の減少(0.2%)、辺材色のやや赤色化及び成分の部位的均質化の効果が見られた。

▽ まとめ

今回の試験では、全脂質あるいは全材色関連物質として成分変動の傾向を調べたが、例えば、夏期における全脂質と秋期におけるそれとは、当然、質的に異なると考えられるので、現在、成分の詳細な分析を行っている。本試験は心材形成期にあわせて行ったが、ほかの季節においても試験して、季節的影響をもっと確かめる必要があろう。個体間の成分のバラツキの影響を排除するため、形質の揃ったクローンを使って試験することも必要であろう。材質の面からは、わずかながら改質効果が見られるが、葉枯らし施業を実行するには、さらに、材価、労賃、利子などの経済的検討を必要とするであろう。

引用文献

- (1) 林業試験場監修: 木材工業ハンドブック, 改訂3版, 154頁, 丸善, 1982年
- (2) Yoshioki Hayashi et al.: Mokuzai Gakkaishi, Vol.34, No.11, 934-941 (1988)