

RESEARCH REPORT
OF THE
OOTA PREFECTURAL
FOREST EXPERIMENT STATION

No.14, January, 1989
Arita, Hita, Oota, Japan

研 究 時 報

第 14 号

大 分 県 林 業 試 験 場

平 成 元 年 1 月

大分県日田市大字有田字佐寺原

大分県林業試験場研究時報・第14号(1989年2月)

— 目 次 —

くん煙剤によるヒノキカワモグリガの3年連続防除効果	千原賢次 高宮立身 川野洋一郎	1
スギ丸太の効率的乾燥方法に関する研究	津島俊治 神田哲夫 後藤康次	9

RESEARCH REPORT
OF THE
OITA PREFECTURAL
FORESTRY RESEARCH INSTITUTE

No.14, December, 1989

— CONTENTS —

Three years consecutive control effect of <i>Epinotia granitalis</i> BUTLER by smoking pesticide.	Kenji CHIHARA Tatsumi TAKAMIYA Yooichiro KAWANO	1
Studies on efficient drying system of Sugi logs.	Syunji TSUSHIMA Tetuo KANDA Koji GOTO	9

くん煙剤によるヒノキカワモグリガの3年連続防除効果

千原賢次・高宮立身・川野洋一郎*

Three years consecutive control effect of *Epinotia granitalis* BUTLER by smoking pesticide.

CHIHARA Kenji, Tatsumi TAKAMIYA and Yooichiro KAWANO.

要 旨

1985～1987年の3ケ年間、同一場所のヒノキカワモグリガ被害林（スギ）で成虫発生期に2～3回、ダズバンくん煙剤（クロルピリホス15%）を1回のくん煙に $1a$ 当り3kg（3缶）を使用してヒノキカワモグリガ成虫の殺虫効果とスギ材内の食痕減少効果を検討した。

殺虫効果は $1a$ 当り推定落下（殺虫）頭数で、1985年が700頭、1986年が990頭、1987年が1,520頭であった。1988年の5月～8月にくん煙区、対照（無処理）区より調査木を伐倒し、全樹幹部を5cm厚さに玉切りして木口上面の食痕数を食害年別（食痕の形成は処理後約1年）に計数した結果、くん煙区の食痕減少率は、対照区に比較して、1986年が56.4%、1987年が59.0%、1988年が96.1%でくん煙効果は3ケ年とも認められた。特に適期内に2回くん煙が行われたと思われる1987年の効果は顕著であった。なお、食痕減少率と落下頭数は正の相関がみられた。

I はじめに

近年、本県をはじめとして九州全域の、特に15～30年生のスギ林において多大な材質劣化をもたらす穿孔性害虫ヒノキカワモグリガ（以下本害虫）が多発しており、被害は拡大傾向にある。現在、本県の被害区域面積は約4,700 a に達している。

特に近年は外材との競合、産地間競争の激化等により良質材生産と均一素材の供給が強く求められている。このようなことから、本害虫の総合的な防除対策を確立するための試験研究が期待されている。当該においても1982年頃より本害虫の生活史、生態、加害形態、経済的な防除法等について試験研究を実施しており、多くの知見が得られたが、防除研究の一環として、林業的な防除研究と合せて、緊急処置としての薬剤による防除研究も実施してきた。今回は、この中で本害虫の成虫発生期に2～3回、くん煙剤による防除試験を1985～1987年の3ケ年間、同一のスギ被害林において実施したので、その防除効果を報告する。本報告の一部は、第44回日本林学会九州支部大会（鹿児島市1988）で発表した。

II 材料および方法

1. 試験林の概要および被害状況

大分県日田郡上津江村の17年生（1985年時）のヤブクグリ被害林（標高690m）でくん煙を行い、この林分に隣接した同年生、同品種のスギ被害林を対照（無処理）林分とした。

* 現県国東事務所林業課

くん煙林，対照林とも水田跡地の平坦な造林地で，道路をはさんで約5 m離れており高低差は約3 mである．両林分の立木の形状は平均胸高径でくん煙区15.8 cm，対照区13.2 cm，平均樹高は前者が11.7 m，後者は9.8 mであり，供試面積はくん煙区約1.0 ha，対照区約0.3 haである．なお，対照林内において1988年にライトトラップによる本害虫（成虫）の発消長調査を行った．両林分のくん煙前の被害状況を把握しておくため，1985年のくん煙直前に5本の調査木を両林分より無作為に選出し，地上高5 mまでの新虫糞排出個所数を計数した（表-1）．1988年5月～8月のくん煙効果調査時にくん煙前3ケ年（1983～1985年）に形成された材内（木口上面）の食痕数を計数した結果，調査木1本当たり平均値の3ケ年の合計はくん煙区54.8個，対照区42.6個であった（表-6）．両林ともかなり被害である．

表-1 試験区内立木の被害調査結果（各区5本の計）

地上高 m	虫糞排出個所数	
	くん煙区	対照区
4-5	14	8
3-4	16	15
2-3	12	9
1-2	6	7
0-1	4	3
計	52	42

2. 供試薬剤ならびにくん煙諸元

供試薬剤は3ケ年とも1 kg缶入のダズバンくん煙剤（クロルピリホス15%）を1回のくん煙に3缶（1 ha当たり3 kg）を使用した．なお，本剤は本害虫防除用としてはすでに登録農薬（第15360号）となっている.⁹⁾

くん煙日，時刻，天候，被煙状況等を表-2に示す．くん煙日の決定については，県内2ケ所の被害林分（標高380 m，920 m）における発消長^{2 3 6)}や気象条件を参考にして決定した．

3. くん煙後の落下虫の種類，頭数調査

くん煙後に本害虫（成虫）や他の落下昆虫類，クモ類を調査するため，1985～1986年はくん煙林内に1.2 m四

表-2 くん煙期日並びに被煙状況等

実施年	実施月日	実施時刻	天候	被煙の状況
1985	1回 6/13	16:55～17:30	くもり	煙の流れはゆるやか 梢端より2 m程度下まで被煙
	2回 6/19	17:00～17:30	くもり 後小雨	煙の流れがやや速い クローネ上部まで被煙
	3回 7/5	19:35～19:55	小雨	煙の流れがやや速い クローネ上部まで被煙
1986	1回 7/3	17:45～18:25	くもり	煙の流れはゆるやか クローネ上部まで被煙
	2回 7/11	17:30～18:05	くもり 後雨	煙の流れはやや速く風向きも不定で被煙はクローネの半分程度
1987	1回 6/26	19:00～19:40	晴れ	煙の流れはゆるやか クローネ上部まで十分被煙
	2回 7/6	18:30～19:05	くもり 後雨	煙の流れはゆるやか クローネの上部まで十分被煙
	3回 7/13	18:30～17:08	晴れ	くん煙20分後に若干風が吹いてきたためか煙の流れもやや速くなりクローネ上部まで十分カバーできない木も一部見られた。

方のカンレイシャネットを10個所(1986年は14個所)地上1.0~1.5 mの樹間に張り、くん煙による落下虫をくん煙翌日の午前中と3日後に回収し、本害虫の成虫の頭数とその他の昆虫類とクモ類を種類別に計数した。1987年は、1.50×1.75 m四方のカンレイシャネットを10個所、前年同様に張り、くん煙翌日の午前中に1回のみ調査を行った。

4. 伐倒木による効果調査

1988年5月中旬にくん煙効果を調査するため、くん煙区、対照区より3本ずつの計6本を伐倒し、全樹幹部のコブ数やヤニ流出個所数ならびに、1987年のくん煙効果をみるため、新虫糞排出個所数を計数したのち、枝葉部を切り落して、全樹幹部を基部より5 cm厚さに玉切りし、木口上面の食痕数を食害年別に計数した。更に同年の8月上旬に1988年形成の新食痕を調査するため、両林分より2本ずつ伐倒して5月伐倒と同様な調査を行った。

以上の調査資料をもとに1985~1987年のくん煙防除効果の総合判定を行った。

Ⅲ 結果および考察

1. 試験林のくん煙前の被害状況

1985年のくん煙直前の両試験木の害虫による被害状況は表-1に示す新虫糞排出個所数やくん煙前3ヶ年の食痕数よりみて両林分の被害程度はくん煙区が若干高いようであるが、大体同じ程度とみてよい。成長量は全体的にみてくん煙区が若干良好である。

2. くん煙日、時刻、被煙状況等

表-2に示すとおりであるが、成虫発生期にくん煙を行うため、くん煙実施日は最も重要な因子となる。この点に関して、1988年に対照林内で成虫の発生消長調査を実施したので、この結果をもとに検討してみた。防除適期を50%羽化日を過ぎた頃(♀の最盛期)を中心に前後5~6日として発生消長図に防除適期をあてはめると図-1のようになる。

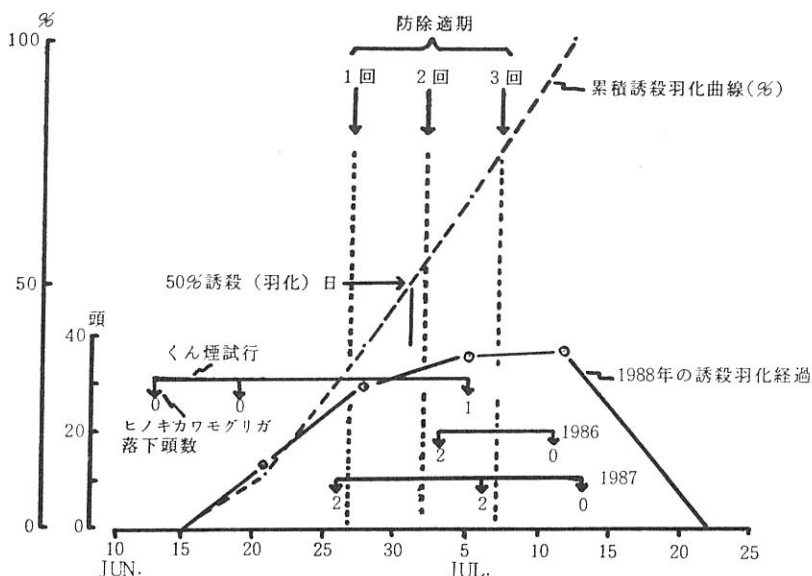


図-1 防除試行日と成虫発生(誘殺)経過

この図より、3ケ年のくん煙日を考察してみた。まず、毎年、同一場所においては本害虫の発生活長が大体同じ傾向と仮定すれば、1985年の第3回目は適期と思われるが、第1、2回は早過ぎたものと思われた。1986年は第1回は適期と思われ、1987年は第1、2回はほぼ適期に行ったものと思われた。これらのことは、後述する成虫の落下頭数（表-3）とも大体一致した。

次に、くん煙時間帯については、一般に、スギ・ヒノキ・マツ等針葉樹類および広葉樹類の壮齡林のくん煙は、日射の始まる日の出前および日没後の気温が樹冠表面を逆転する時間帯に行う¹¹⁾と云われているため、3ケ年とも17時以降に実施したが、くん煙時期は梅雨でもあり、降雨等の心配でやむをえず、時間を若干早めた場合もあった。

被煙の状況については、風速、風向に左右されるが、ビューフォートの風力階級0~2の範囲内で、棒の先端にくん煙剤を結び付けて、煙の流れに注意しながら、林内を充分移動してくん煙を行ったため、3ケ年で延8回行った中で、5回はクローネの上部まで充分被煙したものと思われた。

表-3 ヒノキカワモグリガ落下頭数

実施年	落下頭数		Ka 当り換算推定 落下頭数
	回数	頭数	
1985	1回	0	700
	2回	0	
	3回	1	
	計	1	
1986	1回	2	990
	2回	0	
	計	2	
1987	1回	2	1,520
	2回	2	
	3回	0	
	計	4	

3. 落下虫の種類、頭数調査

くん煙によりカンレイシャネット上に落下（殺虫）した本害虫の Ka 当り推定頭数は表-3のとおりで、1987年>1986年>1985年となり、このことは前述のようにくん煙実施日との関連が深いように思われる。

表-3の Ka 当りの換算頭数は、あくまで、林分内に均一に本害虫が生息しているものと仮定した場合の数であり、全体の何%が落下したかは不明である。

これに関連して、1984年に当場において、本害虫（成虫）のくん煙後の殺虫状況を究明するため、成虫を虫かごに入れ、スギ林内の高さ2.5mの位置に放置した直後に本剤によるくん煙を行い、殺虫効果の予備試験¹⁾を行った。結果はくん煙2時間後では78%、6時間後には100%の死亡率を示した。

したがって、本剤が本害虫（成虫）に接触すれば、少なくとも6時間以内には100%が死亡することが判明している。

本害虫以外の落下虫は3ケ年ともクモ類および双翅目の昆虫が特に多く、次いで半翅目鞘翅目が多かった。

参考までに1987年のくん煙後のカンレイシャネット上の落下虫の種類と頭数（3回くん煙の合計値）を表-4に示す。

前述のように双翅目の昆虫の落下が圧倒的に多く、この中にはスギザイノタマバエ成虫

表-4 ヒノキカワモグリガくん煙防除試験落下虫調査結果（1987）

落下ネット No.	ヒノキカワモグリガ				その他の昆虫類						種類
	第1回くん煙	第2回くん煙	第3回くん煙	計	直鱗鞘膜翅目	双翅目	半翅目	鞘翅目	膜翅目	其他	
1	1	1	0	2	2	0	1	2	69	1	11
2	0	0	0	0	5	1	2	3	18	0	4
3	0	0	0	0	3	1	3	1	64	16	22
4	1	0	0	1	5	1	5	5	41	6	21
5	0	0	0	0	1	1	0	0	5	0	1
6	0	0	0	0	0	0	5	0	60	0	7
7	0	1	0	1	0	0	7	0	80	5	4
8	0	0	0	0	3	0	2	1	137	5	17
9	0	0	0	0	3	0	0	4	39	0	13
10	0	0	0	0	2	0	0	0	27	0	4
計	2	2	0	4	24	4	25	16	540	33	104

の落下がかなり認められた。本害虫を含めて鱗翅目昆虫の落下は意外に少なかった。これらのことは、久保園⁷⁾の報告とも一致する。

これら落下虫類に関して倉永⁸⁾は次のように報告している。すなわち、くん煙後の経過時間と落下量の関係では、各回とも発煙から60時間以内に昆虫類は総数の98%、真正クモ類は100%が落下していた。このように発煙から比較的短時間に落下が終息し、次回、(前回の発煙から数日後)には再び、多量の落下がみられたことから、本剤の残効は極めて短時間(約2日)に消滅し、その後は周辺林地から昆虫類や真正クモ類の移住がすみやかに行われるものと推察される。以上のように述べている。したがって、本剤は激害林を重点的に数日間隔で使用すれば、他の生物相に対する壊滅的な影響は少ないと考えられる。

表-5 くん煙後の新虫糞排出個所数および樹幹部の被害痕数

試験区	供 試 木				新虫糞排出個所数			樹幹部の被害痕数	
	№	胸高径	樹 高	生 枝 下 高	枝 基 部	樹 幹 部	計	全 体	地 上 2 m まで
くん煙区	1	11.5 cm	9.0 m	2.9 m	2.0 (66.7)	1.0 (33.3)	3.0	103	51 (49.5)
	2	12.5	9.0	2.2	4.0 (100)	0 (0)	4.0	107	46 (43.0)
	3	13.5	11.0	5.0	2.0 (100)	0 (0)	2.0	161	48 (29.8)
	1本当平均	12.5	9.7	3.4	2.7 (90.0)	0.3 (10.0)	3.0	124	48 (38.7)
対照区	1	13.0	9.3	3.9	36.0 (87.8)	5.0 (12.2)	41.0	156	57 (36.5)
	2	12.5	8.8	2.0	29.0 (80.6)	7.0 (19.4)	36.0	147	77 (52.4)
	3	12.0	7.9	3.1	17.0 (65.4)	9.0 (34.6)	26.0	105	73 (69.5)
	1本当平均	12.5	8.7	3.0	27.3 (79.6)	7.0 (20.4)	34.3	136	69 (50.7)

注: () は全体に対する比率(%)

表-6 調査木の木口上面におけるくん煙前後の食害年別食痕数

試験区	供試木 №	樹 高 m	胸高径 cm	くん煙前 (年)			くん煙後 (年)		
				1983	1984	1985	1986	1987	1988
くん煙区	1	9.0	11.5	12	12	12	4	3	-
	2	9.0	12.5	15	12	11	6	8	-
	3	11.0	13.5	40	26	15	13	7	-
	4	10.1	13.0	24	23	18	10	5	1
	5	10.5	14.5	19	17	18	8	2	1
	平均	9.9	13.0	22.0	18.0	14.8	8.2	5.0	1.0
				(54.8)			(14.2)		
対照区	1	9.3	13.0	10	8	9	27	23	-
	2	8.8	12.5	6	12	10	12	16	-
	3	7.9	12.0	15	6	19	17	8	-
	4	8.8	14.0	9	8	13	17	7	31
	5	10.0	15.0	28	23	37	21	7	20
	平均	9.0	13.3	13.6	11.4	17.6	18.8	12.2	25.5
				(42.6)			(56.5)		

注: №.1~№.3木は1988年5月中旬伐倒調査。№.4~№.5木は1988年8月上旬伐倒調査。5月調査分は1988年形成の食痕が不明のため除外。
() 内は1本当り平均食痕数の合計値。

4. 伐倒木による効果調査

全樹幹部の新虫糞排出個所数は表-5のとおりで、くん煙区は供試木1本当り平均3個に対して、対照区は34.3個で前者は後者の約11分の1で大差があり、1987年のくん煙効果が特に顕著に認められた。次に、全樹幹部のコブ数、ヤニ流出個所数も表-5のとおりで

表一七 くん煙後の食痕減少効果

調査年次 (くん煙翌年)		1986	1987	1988
平均 食痕数	くん煙区	8.2	5.0	1.0
	対照区	18.8	12.2	25.5
くん煙区の 食痕減少比率		56.4%	59.0%	96.1%

1本当たり平均では、対照区が若干多いが、くん煙との関係は判然とはしないようである。

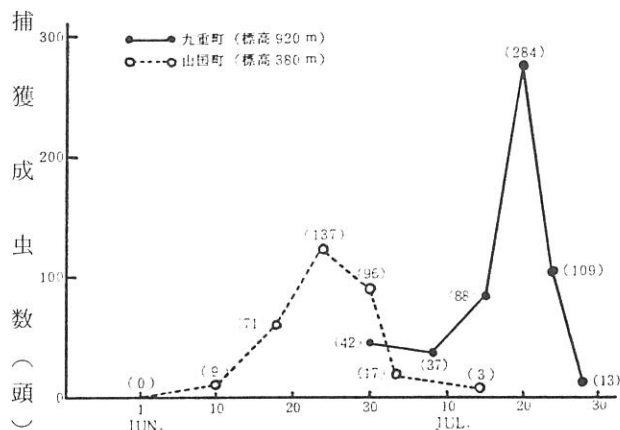
なお、全樹幹部の総数に対して、基部より2mまでに約40~50%のコブ、ヤニ流出個所数があり比較的下部に多い。

ちなみに、林分の被害程度や本害虫に対する抵抗性品種の検索⁴⁾等を究明する場合、地上2m部位までのコブ数等を計数して比較すれば、被害程度の差は見出せるものと思われる。

5cm厚さに玉切った木口上面における食痕数を年輪によって計数した結果は表一六に示すとおりで、まず、くん煙前、3ケ年の平均1本当りの食痕数の合計はくん煙区54.8個、対照区42.6個で若干くん煙区が多いが、大体同程度の被害林とみなされる。

このような被害林が、3ケ年連続くん煙後には、1本当りの食痕数の合計値で、くん煙区は14.2個、対照区は56.5個で前者は後者の約4分の1に減少し、効果は認められた。

次に、くん煙の年別(くん煙年の約1年後)のくん煙区の対照区に対する食痕減少率は



図一 二 ヒノキカワモグリガの発生消長(1986)
()内は成虫の頭数(♂+♀)

は表一七に示すとおり、1986年が56.4%、1987年が59.0%、1988年が96.1%となり、連年、50%以上で増加しており、効果は認められた。特に、前述のように適期内とされる期間に2回くん煙が行われた1987年は、食痕数や前述の新虫糞排出個所数等を対照区と比較した場合大差がある。これは3年連続防除の累積効果とも考えられる。食痕減少率と落下頭数は正の相関がみられた。

倉永ら⁸⁾の報告にもくん煙1年後には対照区に対してくん煙区の食痕減少率は56%と67%となっている。当試験結果とも合せて考察すれば、本害虫防除の場合、適期内に、最適の気象条件、時間帯に3~4回、クローネの上部まで充分被煙するように施用すれば、実質的な被害である材内の食痕数を大幅に減少させる効果は充分期待できる。

5. くん煙実施時期の決定

本害虫のくん煙は成虫の発生時期に行うため、あらかじめ防除対象林分のおおよその成虫発生消長時期を知っておく必要がある。このことについて、当场が1986年に成虫発生消長調査を行った結果⁶⁾を図一に示す。この図よりみて、標高が高くなるにつれて発生は

おくれる傾向にあるため、実用化の場合、防除対象林分の標高と、図-2および前述の当試験林での調査結果(図-1)等を対比して検討すれば、くん煙時期のおおよその見当はつけられると思われる。勿論、処理の前年にライトトラップによる成虫発生消長調査を行うことができれば万全である。

Ⅳ おわりに

本害虫による被害はスギザイノタマバエ被害と同様に大面積に亘って起ることが多く、防除としては林業的防除が本筋であるが、特に磨き丸太、柱材等良質材を生産するためには緊急処置として薬剤による防除も必要になる。

薬剤防除の場合、液剤の使用は散布作業、希釈用の水の確保等多大な労力や散布機材も必要になり、散布コストも非常に高くなる。したがって、散布面積も限定されてくる。

また、降雨による薬剤の流出等の心配もあり、デメリットが多く実用化は困難である。

液剤等に対して、くん煙剤は散布機材や水あるいは多大な労力を必要とせず、面積の大小にかかわらず、悪条件下でも使用法が簡単で省力的である。また、薬剤の残効も非常に短かく自然環境や水汚染等の問題も起りにくい¹⁰⁾。

したがって、薬剤防除の場合、くん煙剤が有効であるが、本剤は成虫発生期に作業を行うため、実施日の決定は前述のように成虫発生消長データを充分検討して決定しなければならない。作業時間帯については、日の出前、日没後がよいが、樹高の高い高齢林では、日中の10時~14時頃に上昇気流を用いてくん煙するのがよい¹¹⁾とされている。

雨天の場合、煙は地表近くを平面的に流れるため、晴天日に行わなければならない。

なお、林業的防除法として、本害虫(幼虫)の越冬期(12月~2月)における枝打ちを予備試験⁵⁾として1986~1987年に実施したが、防除法としてはかなり有望である。

総合防除の観点から、これら林業的防除とくん煙剤防除を組合せて実施すれば更に効果は上がると思われる。

謝 辞

本試験のデータ解析について一部指導いただいた、前農林水産省林業試験場九州支場の倉永主任研究官、現地でくん煙技術の指導をいただいた新富士化成薬株式会社の庭山氏、くん煙剤の提供およびくん煙作業に協力いただいたサンケイ化学株式会社福岡営業所の高橋所長、井上の両氏、ならびに試験林として心よく使わせていただいた森林所有者等の方々に厚くお礼を申し上げます。

引 用 文 献

- 1) 安藤茂信ら: ヒノキカワモグリガのくん煙剤による防除方法, 一成虫駆除予備試験一, 新富士化成薬株式会社くん煙技術資料, 2, 18~21, 1986.
- 2) 麻生賢一ら: ヒノキカワモグリガに関する研究(Ⅲ)一成虫の発生時期について一, 日林九支研論, 37, 195~196, 1984.
- 3) ————ら: ————(Ⅳ)一成虫の発生パターンについて一, 日林九支研論, 38, 211~212, 1985.

- 4) 千原賢次ら：ヒノキカワモグリガ抵抗性スギ品種の検索，大分県林試年報，30，25，1988 b.
- 5) ————ら：枝打ちによるヒノキカワモグリガ食害防止試験，大分県林試年報，30，23～24，1988 a.
- 6) 川野洋一郎ら：ヒノキカワモグリガに関する研究（Ⅱ）—造林木における産卵場所等について—，日林九支研論，40，171～172，1987.
- 7) 久保園正昭：薬剤によるヒノキカワモグリガ防除試験（Ⅱ），日林九支研論，41，171～172，1987.
- 8) 倉永善太郎ら：くん煙剤によるヒノキカワモグリガ防除試験，林業と薬剤，95，12～16，1985.
- 9) 新富士化成薬株式会社：くん煙技術資料，1，1～12，1983.
- 10) 月井武雄：林業用くん煙剤の使い方（Ⅰ），林業と薬剤，103，14～17，1988 a.
- 11) ————：—————（Ⅱ），—————，104，10～17，1988 b.

スギ丸太の効率的乾燥方法に関する研究

津島俊治・神田哲夫・後藤康次*

Studies on efficient drying system of Sugi logs

TSUSHIMA Syunji, Tetuo KANDA and Koji GOTO

要 旨

陣掛^{4,15)}および葉枯らしによるスギ丸太の林内乾燥試験を実施し、剥皮処理方法、季節、設置場所など乾燥条件の違いによる乾燥経過について検討した。同時に、林内乾燥を行う伐木造材作業の工期調査とスギ製材品の流通過程における含水率の実態調査を行い、スギ製材品の効率的乾燥方法のあり方について検討を加えた。その結果は以下のとおりである。

(1) 陣掛乾燥における剥皮処理の影響は他の乾燥条件に比較して著しく大きかった。3ヶ月経過後の全剥皮処理丸太の含水率は40%以下で、重量減少率は36~45%程度であった。一方、樹皮付丸太の含水率は100%以上、重量減少率は10~25%以下であった。また筋状剥皮を行った丸太のそれは、40~50%と32~39%であり、全剥皮処理丸太に比べやや劣るが、かなり効率のよい乾燥経過を示した。筋状剥皮の剥皮率は最低でも40%程度を必要と思われた。

(2) 単木状態の葉枯らし乾燥試験では、22日後の含水率が28%に低下したが、林分を対象にして行った皆伐地の葉枯らし乾燥試験では3ヶ月後の穂付丸太の平均含水率が87%程度であり、単木でのそれに比べかなり高い値であった。また、陣掛乾燥では3ヵ月後の丸太含水率のバラツキが小さかったが、葉枯らし乾燥ではかなり大きなバラツキが認められた。

(3) 陣掛による林内乾燥経費は1,566円/m³程度であり、全作業経費3,256円/m³の48.1%を占めた。また、伐木造材作業において作業時間と立木の胸高直径との間に高い相関が認められ、陣掛乾燥経費が胸高直径から推測できると考えられた。

(4) 製材工場や製品市場におけるスギ製材品の含水率は20%程度から100%以上に至るまで大きなバラツキがあったが、ヒノキ製材品のそれは全体の9割が40%以下の低含水率であった。また、各々の流通過程において含水率は徐々に減少していた。

以上のとおり、スギ丸太の乾燥経過のみならず、伐木造材における作業性や経済性をふまえた効率的乾燥方法をとることが重要と思われた。

* 現大分県三重事務所

I はじめに

一般に、スギは、乾燥が容易な針葉樹の中にあつては比較的乾燥の難しい樹種とされている。その理由としては、心材部の含水率が高い黒心材の存在⁶⁾や立木時において品種間で含水率分布に差があること^{6,10)}などがあげられ、まだ利用においては乾燥に伴う変色などが問題となっている。

近年、建築用材に対する乾燥の要求は年々高まっており、製材品の品質指標の一つとさえ考えられている。こうした乾燥材は利用目的に応じて20%であるとか15%であるとか含水率の基準が示されているが、一般建築用材として利用されるスギ材を人工乾燥のみで乾燥するとかなりコスト高となる。そのため人工乾燥の前段（山元・原木市場・製材所・製品市場など）で林内乾燥や天然乾燥を行い、製材品の保管時間を有効に利用した効率的な乾燥システムをとらねばならない。

さて、従来から日田地方では春から秋にかけて伐採されたスギは常に剥皮され、伐木造材された丸太は山床で夏は1ヶ月、春秋は2ヶ月、冬は約3ヶ月ほど陣掛という方法で乾燥されていた。同様に葉枯らし乾燥は2～3ヶ月の期間をかけて主に電柱用材を中心に行われていた¹⁵⁾。これらの乾燥方法は丸太の乾燥はもとより、丸太の重量を低減させ人力による集運材作業を容易にすることが主目的であつたと思われる。

このような歴史的背景をもつ陣掛や葉枯らし乾燥を見直す気運が全国的に高まっており¹⁷⁾、これらの乾燥方法について、技術的、経済的実態を早急に明らかにする必要があると思われる。針葉樹の林内乾燥についての研究はこれまでに幾つか行われているが^{5,8,12,13,14,16,18,20)}、技術的、経済的視点に立った総合的報告はあまり見あたらない。

そこで、本報告は、陣掛や葉枯らし乾燥における乾燥経過について検討するとともに、現在の木材流通の各段階における製材品含水率の実態を明らかにし、スギ製材品の効率的乾燥システムのあり方について検討を行った。

なお、本報告の一部は、第38回日本木材学会大会及び第44回日本林学会九州支部大会において報告した^{1,6,7)}。

II 材料および方法

1. 陣掛乾燥

試験は乾燥時期と乾燥場所を変えたA～Eの5試験区において実施した。各試験区における乾燥時期及び剥皮処理条件と設置条件ならびに試験設定場所の概況を表-1に示した。ただし、C及びE試験区は採取林分の所在と試験地の設定場所が異なっている。乾燥期間は夏期（AおよびD）、秋期（BおよびE）、冬期（C）に大別した。気象条件は各試験区の乾燥期間内の平均値を表わしている¹¹⁾。

次に、各試験区において使用した供試木の末口径と林分の林齢は表-2に示すように、A・B・C試験区は42～45年生のヤブクグリスギ主伐木を対象とし、D・E試験区は25年生と27年生のヤブクグリスギ間伐木を対象とした。供試木の末口径は、各試験区で多少異なるが、10.5cm～21cmの範囲であった。これらの供試木は、各々の対象林分において、図-1に示すように採材したもので、丸太の長さはE試験区に供した丸太が2mである以外はすべて3mとした。これと同時に供試丸太の両木口から厚さ約3cmの円盤を採り、直ちにアルミホイルで覆い、水分の蒸発を防いだ状態で持ち帰り、絶乾法で試料の含水率をも

表一 乾燥条件及び試験地

試験区	乾燥期間	丸太処理	設置場所	所在地	海拔高 m	月平均気温 ℃	月降水量 mb	月日照時間 hr
A	60.5/15~60.8/22	剥皮、樹皮付	林内	湯布院町	720	21.5	284	161
B	60.8/30~60.12/26	剥皮、樹皮付 筋状剥皮	林内	九重町	620	12.3	86	158
C	60.12/26~61.4/14	剥皮、樹皮付	野外	日田市	140	5.6	83	142
D	60.5.20~61.9.29	剥皮、樹皮付	裸地、林内	九重町	860	22.3	260	130
E	61.10.23~62.4/19	剥皮、樹皮付	野外、屋内	日田市	140	7.4	86	121

とめ、供試丸太の初期含水率を推定した。

各供試丸太は、径級や樹幹の部位を考慮して、剥皮、筋状剥皮、樹皮付処理別に分け、剥皮作業を行った。剥皮は造林かまを使用して行い、筋状剥皮は材長方向に剥皮し、剥皮率が40~50%程度になるよう調整した。これらの丸太は、直接地面に接しないように枕木の上に一段に並ぶよう設置した。丸太の重量測定は50kg容量のバネばかりを2台用いて100g単位で行い、定期的に重量を測定し、最初に求めた初期含水率から各測定時ごとの含水率を推定した。ただし、測定は雨天日以後3日以上経過した日を選んで行った。

重量測定に供した丸太は、約3ヶ月後の試験終了時に両木口から約50cmの部位から厚さ約3cmの円板を採取し、絶乾法で求めたこの円板の含水率と丸太重量から供試木の含水率を算出した。同時に、試験終了時の丸太の直径方向における含水率の分布を調べるため、図-1と同様の円板を採取し、円板内の含水率分布を測定した。

また、剥皮率の違いによる乾燥経過を調べるため、末口径約13cmの完満な立木から採ったスギ丸太から厚さ10cmの円板を切り出し、直ちに両木口をゴム系接着剤及び粘着アルミホイルで被覆した後、図-2に示すような剥皮方法でそれぞれ剥皮し、乾燥経過を調べた。

2. 葉枯らし乾燥試験

大分県西部の標高840m、方位NE、傾斜約10度の緩斜山腹に位置する50年生のヤブクグリスギ林分0.0267haを対象に昭和62年8月19日から11月19日までの92日間の葉枯らし試験を実施した。伐採時の林分構成は平均樹高13.4m、平均胸高直径18cm、平均単木材積0.178m³、haあたり本数1,880本(植栽時3,000本)、総材積333m³となっている。また、平均穂長は5.7mで、これは樹高のほぼ40%に相当する。供試木の概況を表-3に示す。

これらの供試木をできるかぎり樹冠が重ならないように伐倒し。(写真-1)、47本は葉

表二 供試木の形質

試験区	本数	平均末口径(cm)			林齢
		最小値	平均値	最大値	
A	25	10.5	15.2	21.0	42
B	21	13.0	16.5	21.0	45
C	21	13.0	16.7	20.5	45
D	18	11.5	13.7	15.5	27
E	20	15.8	16.7	17.9	20

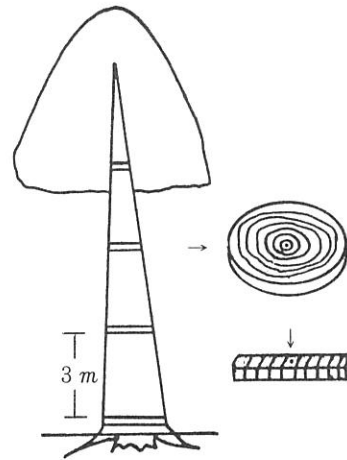


図-1 試料の採取方法

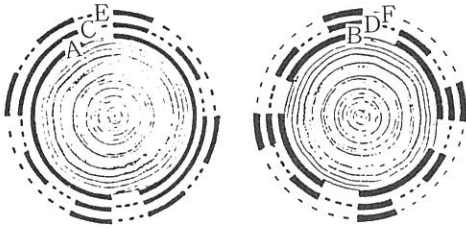


図-2 各剥皮率ごとの剥皮方法

枯らし乾燥用に、3本は比較のため長さ3mに玉切りし、剥皮処理条件を付した陣掛乾燥用に供した。葉枯らし乾燥は穂付き率を100%、50%、0%のグループに分け、それぞれ本数を20本、20本、7本とした。各供試木の初期含水率は、陣掛乾燥に用いた立木から採取した各樹高部における3cmの円盤の平均含水率を一様に用いた。

定期的に、各穂付き率の丸太の地上高50cm部位とそれから3mあるいは4mごとの部位から厚さ3cmの円板を2枚採取し、樹幹の平均含水率と樹幹内の年輪方向における含水率分布の測定に供した。

次に、当場内の機械棟屋内において、昭和60年8月1日から8月22日までの22日間の葉枯らし乾燥を行った。供試木は表-4に示す2個体で、No.1は穂付き率100%、No.2は0%とし、地上2mの位置に吊り下げ、枝葉重を含む樹幹の重量をロードセルを用いて連続的に測定した。供試立木の地上部重量はほぼ100kg前後であり、樹幹重は全体の約45%相当である。ただし穂付き木のそれは試験終了後の含水率から推定した値である。試験終了後、供試木は元口部から1mごとに玉切りし、各樹高部における円板の含水率を測定した。

3. 陣掛工程調査

対象林分は玖珠郡九重町大字堅原字平家山に位置する九州林産㈱社有のヤブクグリスギ50年生の林分である。この林分は、標高600m、方位SSE、傾斜3~13度(平均10度)の緩斜山腹に位置している。地表促成は中に当たる。この林分の中に図-3に示すような調査区域を設定した。調査区域の面積は0.048ha、立木本数は55本、立木材積は31.02m³である。対象木の形質を表-5及び図-4に示す。平均樹高は18.4m、平均樹高直径は29.3cm、平均単木材積は0.56m³、haあたり本数は1,150本、総材積646m³となっている。

A … 12.5% D … 50.0%
B … 25.0% E … 62.5%
C … 37.5% F … 75.0%

表-3 全伐葉枯らし試験の供試木の概況

項目	DBH cm	樹高 m	生枝 下高 m	クロー ン長 m
n	50	50	50	47
Mean	17.9	13.4	7.7	5.7
Min	12	12.0	5.3	2.5
Max	26	15.1	9.7	8.5
S. D.	3.02	0.18	1.08	1.18
C. V.	16.9	6.0	14.1	20.8



写真-1 皆伐地における葉枯らし状態

表-4 供試木の概況

No.	処理	樹高 m	胸高 直径 cm	樹幹重 kg	枝葉重 kg
1	穂付き	7.3	15.0	(48.8)	(58.8)
2	穂無し	7.4	12.8	43.4	55.0

()は推定値

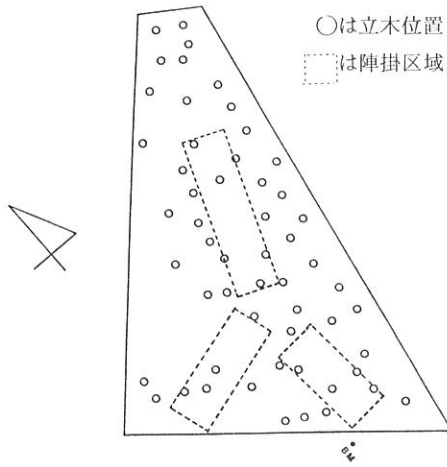


図-3 調査林分の概況

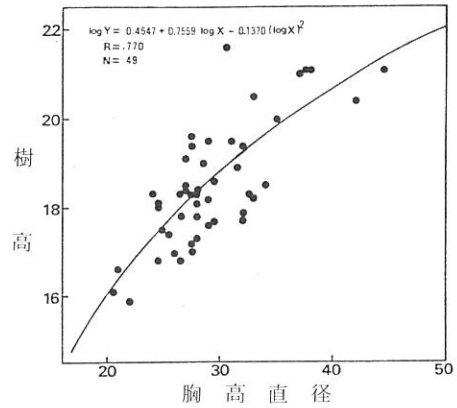


図-4 調査林分における立木の胸高直径と樹高

表-5 対象木の形質

	胸高直径 cm	樹高 m	生枝下高 m	幹材積 m ³	剥皮長 m	枝打長 m
平均値	29.3	18.4	6.2	0.564	15.2	8.9
最大値	44.5	21.6	10.2	1.31	18.2	12.3
最小値	20.5	15.9	3.9	0.25	12.4	4.5
変動係数(%)	16.1	7.3	26.3	37.8	9.5	17.4

昭和62年8月26日から8月27日にかけて、3人1組の作業班による伐木造材及び陣掛作業をマンツーマン方式により調査した。はじめに、図-3に示すように配置されたスギ立木に立木番号をつけ、それぞれの作業種目別に時間を記録した。なお、時間の測定はストップウォッチを用い、秒単位で行った。(写真-2)。

あらかじめ行った予備調査をもとに伐木造材における作業種目は、A-伐倒、B-バチ調整、C-荒枝法(チェーンソー)、D-仕上げ枝払い(腰なた)、E-剥皮、F-木回し、G-測尺、H-玉切り、I-枝整理、J-移動、K-休憩、L-その他の12種目に区分した。また、陣掛の作業種目はM-陣掛け、N



写真-2 伐木造材の作業風景

一休憩, O—その他の3種目とした。

なお, 採材寸法は2, 3, 4 mとし, 最小末口径を6 cmとして採材した。伐木造材後における総材積は23,307 m³であり, 利用率は75.1%であった。また, 作業の流れは作業班に一任して行った。

4. 建築用材の乾燥に関する実態調査

木材の含水率は, 立木時から製材品に加工され建築用資材として利用されるまでの間, 徐々に減少し, 最終的に平衡含水率に達する。しかし, 製品保管場所の温湿度や通風条件さらに, 乾燥時間が異なるため, 同様の過程で乾燥するとは限らない。

そこで, 本調査は, 昭和62年7月から11月にかけて製材工場から建築現場にいたる過程での製品含水率を測定し, 製材品の乾燥の実態と問題点について検討した。

調査は製材工場・製品市場55件, 建築現場14件, 計169件について実施した。製材工場55件の内訳は, スギ44件911本, ヒノキ10件214本, クロマツ1件14本である。これらの製材品の用途はスギは90×90・105×105・120×120mmなどの柱, カモイ, タルキ, 足場板であった。ヒノキは柱, カモイ, モヤ, 梁, クロマツは梁あるいは桁であった。建築現場はスギ(板・柱・タルキ) ベイマツ(桁) ベイツガ(柱) クロマツ(梁・桁)について調査した。

測定は高周波式水分計(FUSO製WAKAL100)を用い, 試料数は1件あたり20本を基準とした。測定位置は材長方向の中央部の4材面とした。

また, 大分県湯布院町の九州林産(株)南由布工場において, 3ヶ月間林内乾燥(陣掛)を行ったスギ丸太をそれぞれの径級に応じて正角及び平角に製材し, 製材後の含水率を同様の方法で測定した。

Ⅲ 結果と考察

1. 陣掛乾燥

① 立木時含水率

5試験区の全試験木の各樹高部から採取した円盤の含水率の頻度分布図を図-5に示した。スギの立木時における含水率は一般にかなり高いことが知られているが⁹⁾, 本試験に供した立木のそれは表-6に示すように89%~162%で平均含水率120.5%と全体的に低かった。

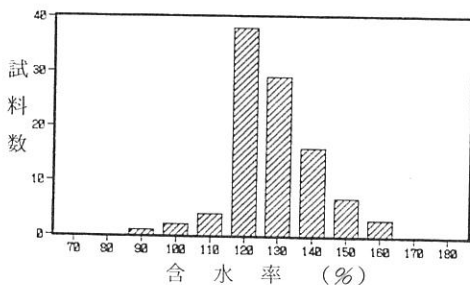


図-5 スギの立木時含水率と出現率

表-6 各試験区ごとの初期含水率結果(%)

試験区	平均値	最大	最小	変動係数
A	116.5	146	90	11.4
B	120.8	138	111	6.8
C	107.7	130	96	8.0
D	134.3	162	111	11.9
E	125.4	147	89	9.8
計	120.5	162	89	9.6

次に、試験区B, C, Dについて各樹高部位における含水率を図-6に示す。どの試験区においても地上高0 m部位が全体的にやや高く、地上高3 m及び6 m部位で多少低くなり地上高9 m部位で再び高くなるという共通した変動パターンを示した。試料採取を日中正午前後に行ったため地上高0 m部位は根からの水分の吸収により含水率が高くなり、地上高9 m部位では樹幹の影響で同様に高かったのであろう。

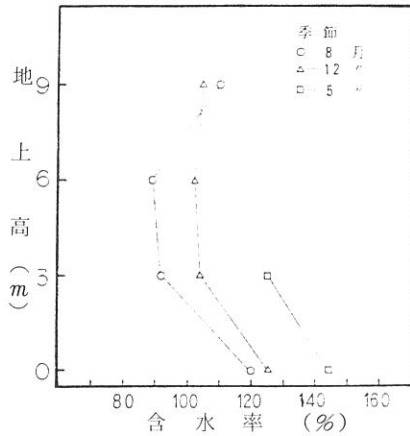


図-6 スギの立木時含水率の樹幹内変動

各試験区における全採取円盤の含水率を試験区を要因として行った分散分析の結果、各試験区における立木時含水率の間には1%水準でD = E > A > C = Bが認められた。この結果には季節と立地の要因を含んでいると考えられ、DおよびAが5月に採取した試料であることやB及びEが同じ秋期の試料であることから、季節の影響もさることながら立地条件などを含む色々な要因が考えられ、一概に季節だけでは評価できないようである。スギ立木の樹幹内における含水率は時間(季節、一日)や樹幹内部位(心辺材、樹高)で異なるとされているが、これらについても今後さらに検討する必要があると思われる。

② 含水率と重量減少率

一般に、木材の含水率および重量減少率は以下の式で現わされる。

$$\text{含水率} \quad MC = (W_u - W_o) / W_o \times 100 \dots\dots ①$$

$$\text{初期含水率} \quad FMC = (W_g - W_o) / W_o \times 100 \dots\dots ②$$

$$\text{重量減少率} \quad WRP = (W_g - W_u) / W_g \times 100 \dots\dots ③$$

①②③式より

$$WRP = 100 (1 - (MC + 100) / (FMC + 100)) \dots\dots ④$$

ただし、Wg …初期重量、Wo …絶乾重量、Wu …任意の重量。

④式より、重量減少率は初期含水率と任意の含水率で決まり、これらの関係を図-7に示す。図中、重量減少率が0%のときの含水率が初期含水率となっている。④式から初期含水率を90~250%と仮定し、平衡含水率を15%とした場合、自然乾燥による限界重量減少率は40~68%の範囲となることがわかる。

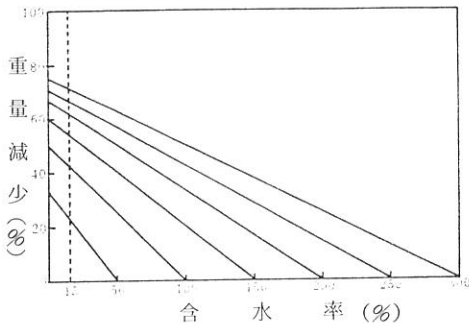


図-7 重量減少率と含水率の関係

③ 陣掛乾燥結果

一般に、伐木造材された丸太は数週間から6ヶ月ほど山土場に山積されたのち製材所へ

と運ばれる。この期間は地理的要因や経済的要因などで異なるが、多くが2～3カ月ほどであることから、スギ丸太の林内乾燥期間の目安を3ヶ月とした。また、結果の取りまとめにあたっては、林内乾燥の主目的が含水率を下げ乾燥を促進させることと丸太重量を軽くし集運材を容易にすること等であると考えられるため、含水率と重量減少率の両面から検討した。

試験区A～Eにおける各処理条件別の平均重量減少率と平均含水率の経時変化ならびに試験期間中の各月上中下旬ごとの平均気温と降水量を図-8～12に示した。また、剥皮処理条件ごとの平均乾燥速度を表-7に示した。

A試験区(図-8)は5月15日に伐倒玉切りし、完全剥皮、樹皮付処理条件ごとに乾燥経過を調査した結果、剥皮処理丸太と樹皮付丸太の乾燥経過は明らかに異なっていた。剥皮処理丸太の乾燥初期約1カ月間における平均乾燥速度は2.37%/日と急激な含水率の低下が認められたが、樹皮付き丸太のそれは約0.43%/日と小さかった。6月下旬の豪雨の影響で剥皮処理丸太の含水率は横ばいとなったが、その後は漸減し、約90日後の平均含水率は24%、平均重量減少率は40%となった。一方、樹皮付き丸太も豪雨のため一時横ばいとなるが、約2カ月後以降では急激な重量減少が認められた。これは5～7月の梅雨の影響により樹皮が自然剥皮したことが原因と思われる。

B試験区は9月初旬から12月にかけて完全剥皮、筋状剥皮、樹皮付き処理別の乾燥経過について調査したものである。重量減少率及び含水率はA試験区と同様に初期の約1カ月間で大きく変化し、その後はあまり変化していない。初期1カ月間の平均乾燥速度は、剥皮処理丸太が1.80%/日、筋状剥皮丸太が1.27%/日、樹皮付き丸太が0.39%/日となっており、乾燥速度は剥皮処理条件により明らかに異なった。また、この期間は全体的に降水量が少なく、処理条件による差はあるが安定した乾燥経過を示した。

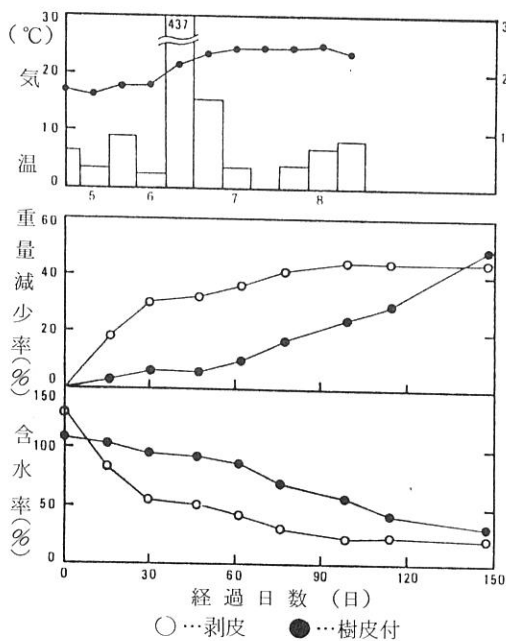


図-8 A試験区の気象条件と含水率・重量減少率の経時変化

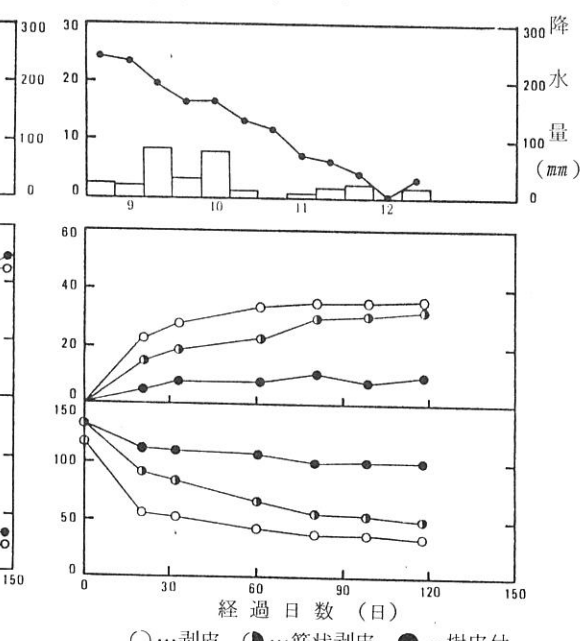


図-9 B試験区の気象条件と含水率・重量減少率の経時変化

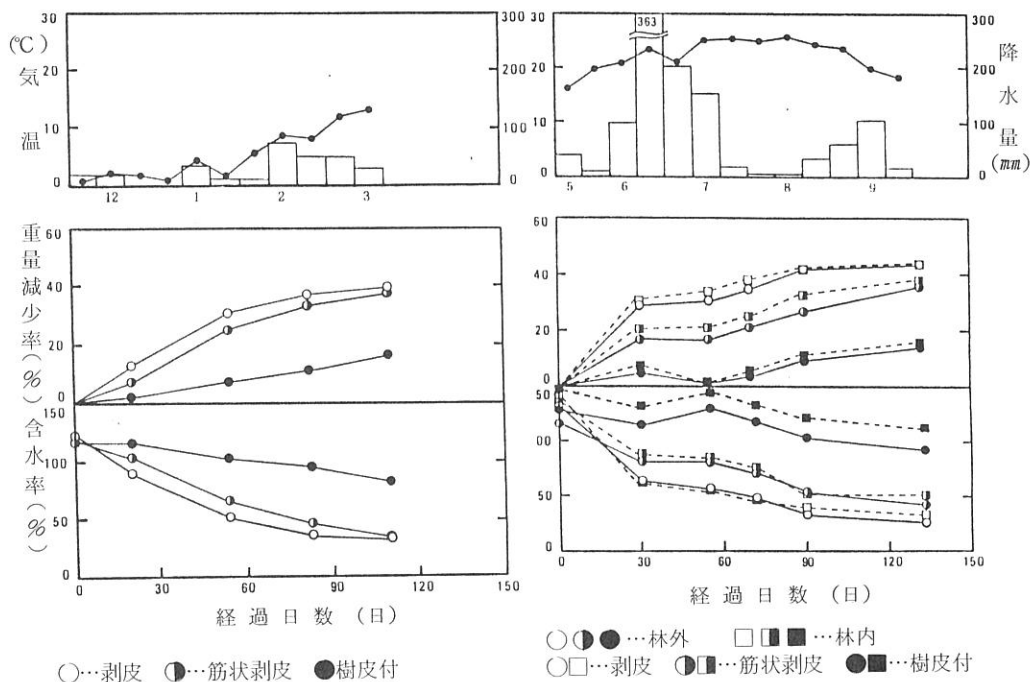


図-10 C試験区の気象条件と含水率・重量減少率の経時変化

図-11 D試験区の気象条件と含水率・重量減少率の経時変化

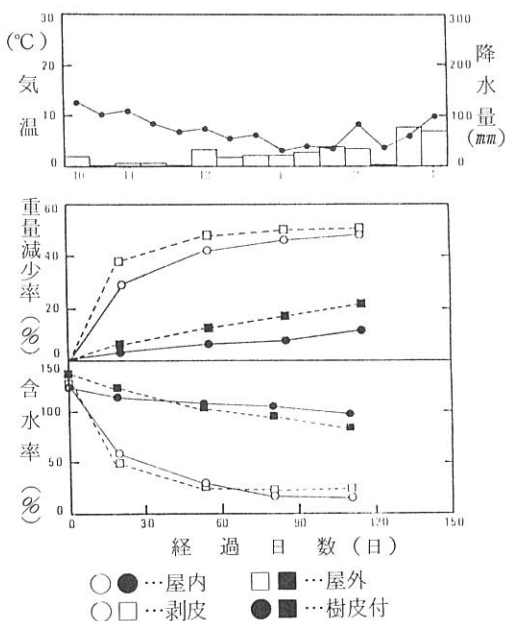


図-12 E試験区の気象条件と含水率・重量減少率の経時変化

表-7 剥皮処理丸太の平均乾燥速度

処理	試験区	初期含水率 (%)		90日後含水率 (%)		乾燥速度 (%)		
		0-30日	30-60日	0-30日	30-60日	60-90日	0-90日	
完全剥皮	A	125.6	23.8	2.37	0.39	0.49	1.03	
	B	111.7	37.5	1.80	0.41	0.12	0.80	
	C	122.7	39.4	1.33	1.21	0.56	1.02	
	D	133.0	38.4	2.42	0.19	0.63	1.11	
	E	121.3	19.9	3.48	0.89	0.29	1.29	
筋状剥皮	B	123.6	53.8	1.27	0.55	0.36	0.73	
	C	121.3	45.5	0.80	1.21	0.66	0.92	
	D	129.1	58.7	1.47	0.01	0.74	0.78	
樹皮付	A	100.8	57.4	0.13	0.31	0.80	0.53	
	B	123.9	100.9	0.39	0.13	0.19	0.24	
	C	120.9	97.3	0.17	0.35	0.30	0.29	
	D	139.7	114.5	0.49	0.49	0.65	0.28	
	E	124.1	106.4	0.41	0.24	0.07	0.22	

C試験区はB試験区と同様の剥皮処理条件の基で冬期に行った試験であるが、B試験区の重量減少率と含水率が曲線的な変化をしているのに対し、約3カ月程度まで直線的に変化している。このことは剥皮及び筋状剥皮丸太の2カ月目の平均乾燥速度がともに1.21%／日と大きいことが原因していると思われる。この期間は年間を通じて降水量が最も少なく平均気温が5度以下であり、当地域の積雪が長期間におよぶことはめったになく、これらの気象条件の違いがB試験区との違いを生じさせたと考えられる。

D試験区はA試験区と同様に夏季における各剥皮処理条件別の試験で、27年生の間伐木を対象とし、陣掛場所を林内と林外に分けて試験したものである。林外は林内に比べやや乾燥が良好と思われるが、両者の間にはあまり大きな差はなかった。この期間における乾燥経過はA試験区に似ており、乾燥初期における含水率低下が大きく、6～7月にかけての梅雨の影響で横ばい状態となっている。特に、樹皮付き丸太は降雨を吸収したため一時重量が増加した。乾燥は剥皮>筋状剥皮>樹皮付きの順によいが、3カ月経過時における筋状剥皮丸太の含水率は約60%で剥皮丸太のそれは40%となっており、両者とも樹皮付きの115%に比べ著しく低い。

E試験区は当試験場内の土場と機械棟内において秋季から冬期にかけて実施した。屋内と屋外では乾燥経過に若干の差は認められるがどちらもこれまで山床に設置したA～D試験区より良好な乾燥経過であった。剥皮処理丸太の初期1カ月の平均乾燥速度は3.48%／日と全試験区を通じて最も大きく、3ヶ月経過後の剥皮処理丸太の平均含水率は19.9%まで低下した。

④ 剥皮処理条件と重量減少率

A～Eの試験区において、それぞれの剥皮処理条件毎の乾燥経過は、剥皮>筋状剥皮>樹皮付きの順に乾燥速度が大きかった。しかし、これらの乾燥経過は気温や降水量など乾燥季節や立木時の樹幹の性質などによりバラツキを生じ、同じ剥皮処理条件で行った陣掛け乾燥においてもそれらの乾燥条件の違いで乾燥経過に差が認められた。

そこで、これらの乾燥経過を一般によく用いられる以下の式を用い回帰曲線を求めた。

$$\text{Log}y = \text{Log}a + b\text{Log}x + c (\text{Log}x)^2$$

ここで、y：重量減少率 x：経過日数

a, b, c：定数

但し、この曲線は(x, y) = (0, 0)を適用できないため、サンプル数と同数の(x, y) = (0.001, 0.001)をダミーとして使用した。この結果、表-8に示すような曲線式を得、いずれの場合も高い相関が認められた。これらの曲線式を各剥皮処理条件毎に図-13に示した。剥皮及び筋状剥皮の重量減少率は約90～120日まで急激に増加し、以後漸増して限界重量減少率に近似していく。筋状剥皮の3カ月後における重量減少率は約30%であり、全剥皮と比較してやや低かった。樹皮付き丸太のそれは1年経過後においても10～25

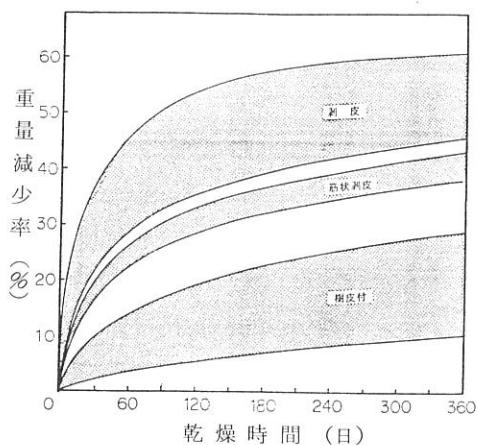


図-13 剥皮処理ごとの重量減少経過

表-8 各処理条件別の重量減少率の計算値 $\text{Logg} = a + b \log x + c (\log x)^2$

剥皮処理	試験区	設置場所	a	b	c	相関係数	理論値 (%)						
							10日後	30日後	60日後	90日後	120日後	360日後	限界重量減少率 (%)
樹皮	D	林内	-0.8409	0.7266	0.0017	0.911	0.8	1.7	2.9	3.9	4.8	10.7	49.9
	D	林外	-0.4178	0.7446	-0.0387	0.988	1.9	4.0	6.1	7.8	9.2	17.1	53.8
	E	土場	-0.3669	0.7480	-0.0438	0.997	2.2	4.4	6.7	8.5	10.0	18.1	49.0
	C	土場	-0.3503	0.7685	-0.0408	0.990	2.4	5.0	7.7	9.9	11.8	22.3	47.8
	E	土場	-0.2696	0.7535	-0.0531	0.997	2.7	5.3	8.0	10.0	11.7	20.4	48.0
	B	林外	-0.2302	0.7573	-0.0557	0.997	3.0	5.8	8.7	10.9	12.7	21.9	48.6
付	A	林外	-0.0836	0.7784	-0.0675	0.989	4.2	8.3	12.2	15.1	17.5	29.2	45.1
	E	屋内	-0.0119	0.7705	-0.0785	0.998	5.1	9.5	13.6	16.5	18.8	29.4	51.7
筋状剥皮	D	林内	0.3073	0.7767	-0.1087	0.999	9.4	16.5	22.1	25.7	28.3	33.2	48.0
	C	土場	0.2983	0.7876	-0.1054	0.996	9.6	17.1	23.2	27.2	30.2	42.0	47.9
	B	林外	0.3796	0.7824	-0.1150	0.999	11.1	19.2	25.2	29.5	32.3	42.5	48.5
	D	林外	0.3331	0.7835	-0.1148	0.999	11.3	19.5	25.9	29.9	32.8	43.3	51.5
全剥皮	C	土場	0.4199	0.7881	-0.1181	0.998	12.3	21.2	28.0	32.3	35.3	46.0	48.3
	B	林外	0.5501	0.7818	-0.1335	0.999	15.8	25.9	33.0	37.0	40.0	47.4	46.6
	D	林内	0.5583	0.7911	-0.1317	0.999	16.5	27.5	35.4	39.9	43.0	52.5	50.8
	A	林外	0.5788	0.7911	-0.1343	0.999	17.2	28.5	36.4	40.9	44.0	53.0	47.9
	D	林外	0.5777	0.7927	-0.1332	0.999	17.3	28.7	36.8	41.5	44.7	54.2	52.3
	E	土場	0.6322	0.7917	-0.1397	0.999	19.2	31.4	39.6	44.2	47.2	55.3	47.6
	E	土場	0.6566	0.7952	-0.1412	0.999	20.4	33.3	42.1	46.9	50.1	58.4	49.8
	E	屋内	0.7133	0.7952	-0.1473	0.999	23.0	36.9	45.9	50.7	53.7	60.8	49.5

%と低く乾燥効果はあまり期待できない。

以上のように、剥皮率は乾燥速度に大きな影響を与えることが認められたため、短尺丸太による剥皮率を変えた乾燥経過について述べる。剥皮率を0%から12.5%毎に処理した場合の各経過日数毎の重量減少率を図-14に示す。何れの経過日数においても剥皮率と重量減少率の間には曲線的な関係が認められるが、日数が経過するにしたがって剥皮率の違いによる重量減少率の差は大きくなっている。18日経過時における重量減少率は剥皮率37.5%まで急激に増加するが、それ以上ではゆるやかな増加になっている。このことから剥皮率は最低でも40%程度は必要であると考えられた。

次に、3カ月経過後における丸太の径級と重量減少率の関係を各剥皮処理条件ごとに図-15に示した。剥皮処理の重量減少率は30~45%の高い水準にあり、これについて筋状剥皮が25~40%とやや低く、樹皮付きは10%前後と著しく低かった。

また、供試木の径級が大きいかほど重量減少率は多少低くなっているが、径級が10~20cm

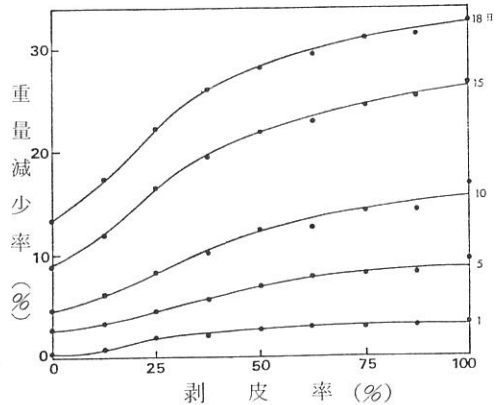


図-14 剥皮率と重量減少率の関係

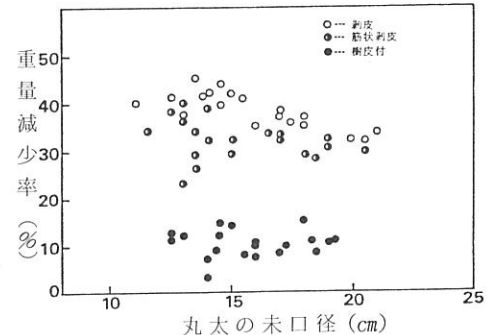


図-15 陣掛乾燥3ヶ月後の丸太の未口径と重量減少率の関係

の狭い範囲であったために大きな差が認められなかったものと考えられる。

⑤ 試験終了時における含水率の樹幹内分布

試験区A・Dにおける試験終了時の丸太横断面内の含水率の水平方向の分布を図-16及び図-17に示す。剥皮処理丸太の含水率は両試験区とも一定のレベルにあり、ほぼ20%台であった。これに対し、筋状剥皮丸太は剥皮丸太に比較するとやや高いが50%程度のレベルで推移している。また、樹皮付き丸太の含水率は辺材部で高く心材部で低いという立木時の含水率分布に似た変動パターンで全体が高い水準で推移している。また、剥皮及び筋状剥皮は各試料間の変動が小さかった。これらの丸太を製材後乾燥する場合、含水率の高低とともに材内の含水率分布が乾燥方法や乾燥経費に及ぼす影響を考えると、剥皮及び筋状剥皮の含水率が試料間においても材内においても変動が小さいことは好都合であると思われる。

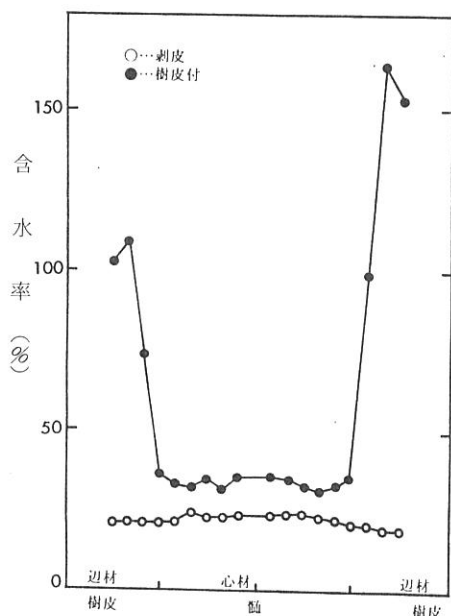


図-16 陣掛乾燥終了時のスギ丸太内の含水率分布 (試験区A)

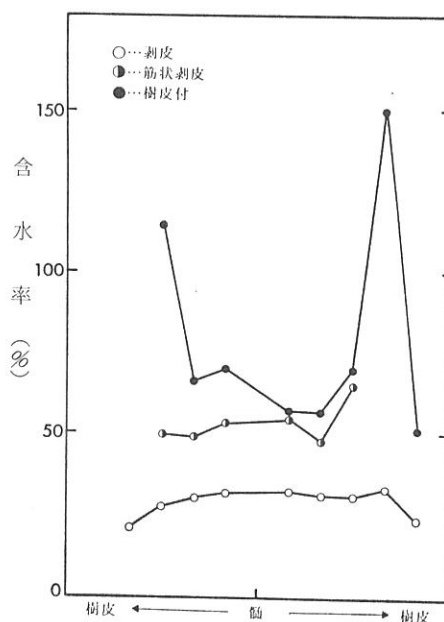


図-17 陣掛乾燥終了時のスギ丸太内の含水率分布 (試験区D)

2. 葉枯らし乾燥結果

① 単木状態の葉枯らし

当試験場内で行った穂付き丸太と穂無し丸太の重量減少経過を図-18に示す。穂付き丸太の重量は時間の経過とともに著しく減少し22日後の重量減少率は50.2%となったが、穂無し丸太のそれは36.6%と低かった。このときの含水率は穂付き丸太が28.0%、穂無し丸太が58.5%であった。

また、試験終了後の両丸太の樹幹1mごとの含水率は図-19に示すように、穂付き丸太では地上高5mまではほぼ30%前後で推移しているが穂無し丸太のそれは60~70%と高い水準で推移していた。このことは樹冠の有無が乾燥速度に大きな影響を与えていることを意味していると推察された。また、地上高6mの含水率が両者とも約20%で差が認められな

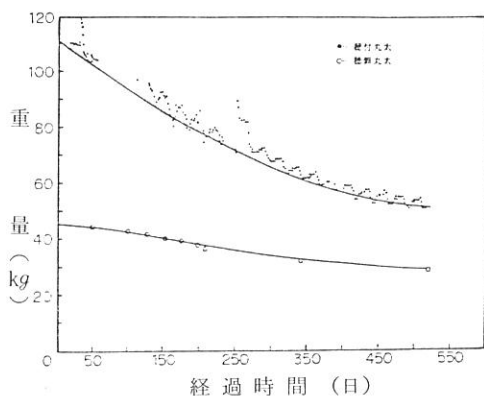


図-18 スギ丸太の葉枯らし乾燥における重量変化

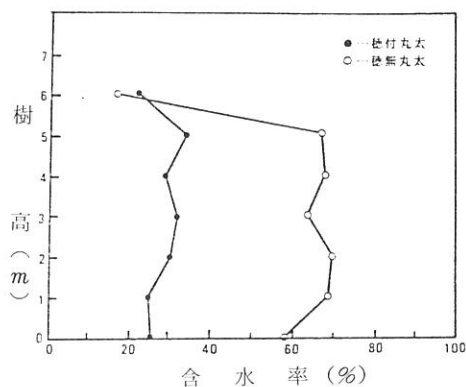


図-19 葉枯らし乾燥後におけるスギ丸太の各樹高部の含水率

かったのは丸太の径級が小さくなったためではないかと考えた。

② 林分での葉枯らし

スギ主伐林分における皆伐状態での葉枯らし試験の結果を図-20に示す。初期含水率はいずれも比較のため実施した陣掛丸太の初期含水率の平均値を用い、それぞれの測定時における含水率は各穂付条件ごとに丸太の地上高1~5m部位の平均含水率を示している。地上高0~1mおよび5m以上における樹幹内の含水率は個体間のバラツキが大きいため詳細な検討を省略した。

100%と50%穂付丸太はともに伐倒後含水率は低下しつづけ、47日目には60%台になった。しかし、その後の含水率は70~80%台の高い値で推移していた。一方、穂無丸太は26日目以降含水率は低下しているようにも思われるが、何れも1個体からの結果であり個体間の差が大きいことを考え、以後の考察を省略した。2~3カ月目の含水率がやや高かった理由としては、試料採取を上層の丸太から行ったため、皆伐状態では丸太の樹冠が幾重にも重なることがあり、下層になる樹冠の蒸散作用が小さくなってしまうことなどが考えられる。このように、立木時や伐倒後の樹幹内の水分移動は複雑であり、^{2,3,7)} 今後明らかにしたい。

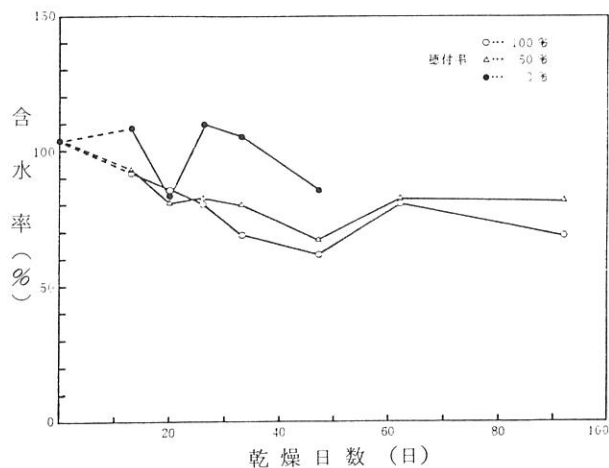


図-20 穂付条件をかえた皆伐林分での葉枯らし乾燥経過

3. 陣掛工程調査

各作業種目別の累積作業時間とその割合を表-9に示す。

表-9 各作業種目別の累積作業時間

区分	作業種目	記号	累積作業時間 (秒)	割合 (%)	功 程 秒/ m^3	経 費 円/ m^3
伐 木 造 材	伐倒	A	1840	3.0		
	バチ調整	B	199	0.8		
	荒枝払い	C	3625	6.0		
	仕上げ枝払い	D	1986	3.3		
	剥皮	E	8675	14.3		
	木回し	F	629	1.0		
	測尺	G	1159	1.9		
	玉切り	H	1252	2.1		
	枝整理	I	3276	5.4		
	移送	J	2026	3.3		
	休憩	K	21011	34.6		
	その他 (小計)	L	2333	3.8		
			(48311)	(79.5)	(6216)	(2588)
陣 掛	陣掛	M	7895	13.0		
	その他	N	551	0.9		
	休憩 (小計)	O	3974	6.5		
			(12420)	(20.5)	(1599)	(666)
合計			60731	100	7815	3254

伐木造材作業時間は全作業時間の79.5%を占めており、中でも剥皮作業は14.3%と高い割合であった。同様に陣掛作業は全体の20.5%を占めた。また、休憩時間は全作業の35.5%と高い割合であったが、これは調査を盛夏の蒸し暑い日に行ったためと考えられる。

全作業工程は1 m^3 あたり7815秒となり、標準賃金を12,000円として積算した伐木造材、陣掛経費は3,254円/ m^3 となり、表-10に示す標準工程表より算出した¹⁹⁾一般的伐木造材、木寄せ作業経費の3,599円/ m^3 をやや下回る結果となった。休憩時間が全体の35.5%と高い比率を占めたにもかかわらずこのような結果となった理由の一つに本作業班が技術的にすぐれていたことが上げられる。

次に、休憩時間を無視した実作業時間を関連する作業種目別に大別してまとめ表-11に示した。剥皮作業は全体の26%、陣掛け作業は同様に22.1%となっており、陣掛けにともなうこれらの作業種目を単純に積算すると全作業のほぼ半分を占めることになる。

今回の伐木造材作業において、チェンソー

表-10 経費積算の一般例

種別	標準賃金	算出単価	比率	1 m^3 当り経費
伐木造材 人力	労賃 12,000 損料	1,412	1.0	1,412 ^円 252
木寄せ	労賃 12,000	1,935	1.0	1,935
合計				3,599

表-11 実作業時間による作業分析

作業種目	記号	時間 秒	割合 (%)	功 程 秒/ m^3
伐倒	A+B	2339	6.5	301
枝払い	C+D+I	8887	24.9	1144
剥皮	E+F	9304	26.0	1197
測尺玉切	G+H	2411	6.7	310
陣掛	M	7895	22.1	1016
その他	L+N+J	4910	13.8	632
合計		35746	100	4601

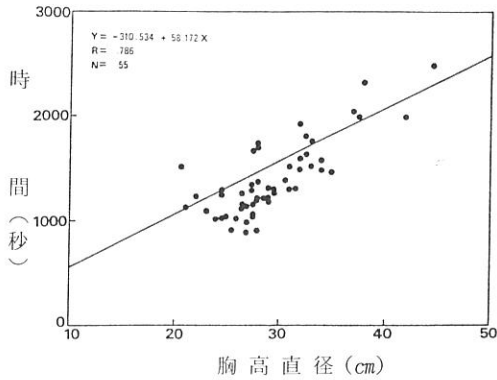


図-21 立木の胸高直径と伐木造材作業時間

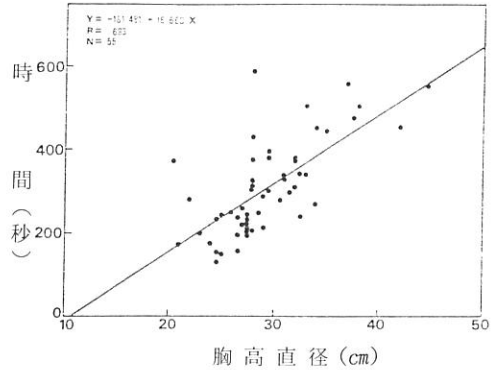


図-23 立木の胸高直径と枝払い時間

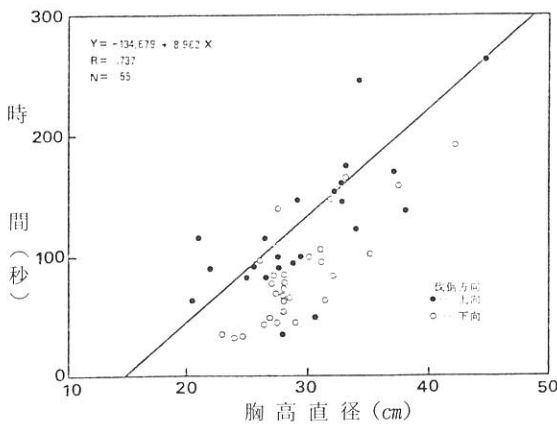


図-22 立木の胸高直径と伐倒時間

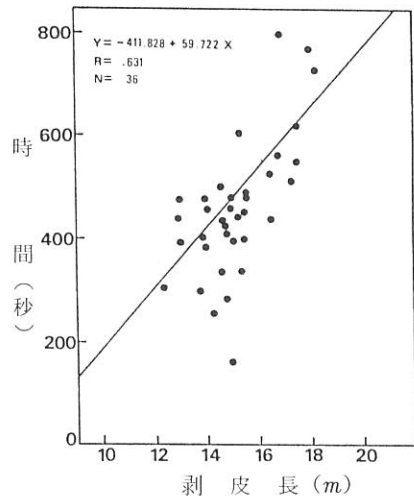


図-24 丸太の剥皮長と剥皮時間

による作業は伐倒, パチ調整, 荒枝払い, 玉切りの4作業種目であり, これらの累積作業時間は3人×1.5日で7216秒すなわち約2時間となった. 労働安全衛生法に基づく1日当りのチェーンソーの実稼動時間は2時間と定められており, 本調査のそれは基準の約1/2と低く, 伐木造材作業者の振動病対策からも有効であると思われた.

さて, 調査対象木の胸高直径とそれぞれの立木ごとに要した伐木作業時間との間には図-21に示すように $r=0.786$ の高い相関関係が認められた. 同様に, 胸高直径と伐倒時間および枝払い時間との関係を図-22および図-23に, 剥皮長と剥皮時間の関係を図-24に示した. これらの関係は全て同一林分における結果であり, このまま他の林分に適用できるとは思わないが, 標準的植栽条件や生育環境の基に生育した林分であれば十分利用可能と考えられる.

4. 建築用材の乾燥に関する実態調査結果

製材工場及び製品市場における各調査部材ごとの含水率を表一12に示した。スギ製材品の製材工場における平均含水率は27.9～90.8%，平均61%とかなり高い値であった。またその変動係数は8.1～48.9%とかなり大きなバラツキをもつ集団であることが認められた。製品市場における平均含水率は27.9～63.7%，平均40%であり、製材工場に比較するとかなり低くなっていた。

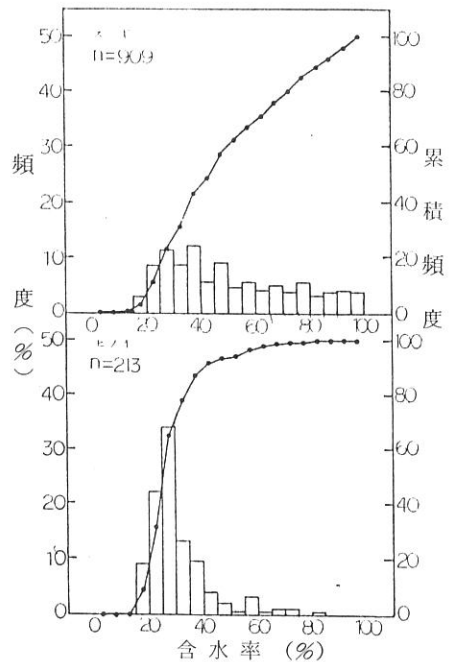
次に、断面形状の違いによる含水率の差は、おおむね断面（厚さ）の薄い部材の方が含水率が低いようであったが、製材後の時間に大きく左右されていると思われる。

ヒノキの平均含水率は、製材工場で23.4～46.7%，製品市場で20.5～42.9%で大差がないが、平均含水率30%以下の集団は製材工場が4件中1件であったのに対し、製品市場では6件中5件と多くなっており、スギの場合と同様製材工場から製品市場に出荷される間かなり含水率が低下することが予想される。

製材工場及び製品市場におけるスギとヒノキの製材品含水率の頻度分布図を図一25に示した。スギ製材品の含水率は20%台から100%まで平均した分布を示しているが、ヒノキのそれは30%台を中心とした正規分布に近い分布であり、40%台までに全体の9割が含まれている。これは立木時においてスギの含水率が高く、しかも心材部における含水率が100%以上のものであるのに対してヒノキのそれはおよそ50%程度であることなどが原因と思われる。

建築現場における製材品の平均含水率は31～82%と全体的に高かった。これは、調査を断面形状の大きい梁、桁類を中心にしたことや1棟もしくは数棟の現場を対象としたため製材品が直接製材工場から運ばれたことも考えられる。特にスギやヒノキなどの国産材の含水率が高かったのに対し、米マツは2件とも30%程度と低かった。

次に陣掛乾燥を行ったスギ丸太を丸太径級を考慮して120×240mm，105×210mmなどの平角や90×90mm，105×105mm，120×120mmの正角に木取りした製材品の中の4材種について含水率の頻度分布図を図一26に示した。それぞれの材種間で特に差は認められずどの材種においてもほぼ正規分布に近い分布であった。全試料の平均含水率は55%であり、これは前述の陣掛乾燥結果と一致していた。



図一25 スギ・ヒノキの製材品含水率の出現率

表-12 製材工場および製品市場における製材品含水率の調査結果

樹種	調査対象	部材断面 (mm)	調査 本数 (本)	含水率			標準偏差	変動係数(%)	備 考
				平均 値	最大値 (%)	最小値			
すきすきすきすきすきすきすきすきすきすきすきすきすきすきすきすき	製材工場	105×105	20	82.1	100	47	14.58	17.758830	芯持 2等
	"	105×105	20	71.6	94	59	9.2	12.849162	" 特等
	"	105×105	20	84.1	100	60	10.17	12.092746	" 1等
	"	105×105	20	40.8	78	19	19.94	48.872549	" 1等
	"	105×105	20	53.3	92	29	14.62	27.429643	" 1等
	"	105×105	10	58.5	83	43	11.01	18.820512	"
	"	105×105	8	67.6	81	48	12.57	18.594674	"
	"	105×105	20	50.1	79	31	11.22	22.395209	"
	"	105×105	10	58.6	100	40	20.38	34.778156	"
	"	105×105	20	81.8	100	66	8.91	10.892420	" 1等上
	"	105×105	10	76.2	95	48	12.29	16.128608	"
	"	105×220	10	73.9	96	50	15.15	20.500676	"
	"	120×120	25	70.6	100	38	22.36	31.671388	" 1等
	"	120×120	5	58.6	78	34	18.61	31.757679	"
	"	120×150	9	37.8	59	25	13.56	35.873015	"
	"	120×150	5	52.8	76	33	17.91	33.920454	"
	"	"	20	56.1	92	31	16.6	29.590017	芯去 特等
	"	35×210	20	81.7	100	59	13.15	16.095471	"
	"	45×105	13	42.7	58	30	8.48	19.859484	"
	"	45×105	14	31.6	46	25	5.58	17.658227	" 特等
	"	45×105	25	27.9	70	18	12.19	43.691756	"
	"	45×60	18	51.8	71	32	10.31	19.903474	芯持
	"	50×105	14	40	64	20	13.67	34.175	芯去
"	75×75	10	55.6	83	38	16.55	29.766187	芯持 1等	
"	90×90	10	73.8	86	60	9.33	12.642276	" 1等	
"	90×90	6	73.5	82	63	6.83	9.2925170	"	
"	90×90	20	90.8	100	70	7.35	8.0947136	"	
"	90×90	36	45	96	24	17.64	39.2	" 1等	
"	90×90	20	72.3	96	40	15.38	21.272475	" 1等	
すきすきすきすきすきすきすきすきすきすきすきすきすき	製品市場	105×105	31	38.1	64	28	8.41	22.073490	" 1等
	"	105×105	7	45.7	80	30	15.93	34.857768	" 特等
	"	105×105	20	38.8	61	21	11.8	30.412371	"
	"	105×105	20	35.6	50	25	7.29	20.477528	" 1等
	"	105×105	5	36	46	27	8.46	23.5	芯去 特等
	"	105×105	40	30.7	60	15	9.8	31.921824	芯持 1等
	"	105×105	58	60.2	100	26	23.51	39.053156	" 1等
	"	105×105	20	35.6	60	13	11.51	32.331460	"
	"	105×105	51	63.7	100	24	17.77	27.896389	" 特等
	"	120×120	48	49.8	100	30	19.66	39.477911	特 1
	"	36×215	20	35	59	19	10.53	30.085714	芯去
	"	45×120	25	27.9	70	18	12.19	43.691756	"
	"	90×90	20	45.5	80	24	14.81	32.549450	芯持 1等
	"	90×90	47	31.8	60	20	7.99	25.125786	" 1等
"	90×90	40	30.8	88	18	12.1	39.285714	" 1等	
ひのき	製材工場	105×105	10	33.5	45	29	5.17	15.432835	" 1等
	"	105×105	20	46.7	81	36	11.15	23.875802	" 特等
	"	105×105	13	35.6	58	27	9.1	25.561797	" 1等
	"	45×105	20	23.4	31	19	3.23	13.803418	芯去
ひのき	製品市場	105×105	4	20.5	23	19	1.91	9.3170731	芯持 特等
	"	105×140	20	29.9	40	23	4.2	14.046822	"
	"	120×120	17	25.5	38	2	7.73	30.313725	"
	"	120×120	63	26.5	38	18	5.03	18.981132	芯去
	"	45×105	20	25.5	35	23	2.69	10.549019	芯持
	"	90×90	27	42.9	72	22	15.28	35.617715	"
へいまつ	製品市場	105×180	14	33.1	52	24	9.1	27.5	"

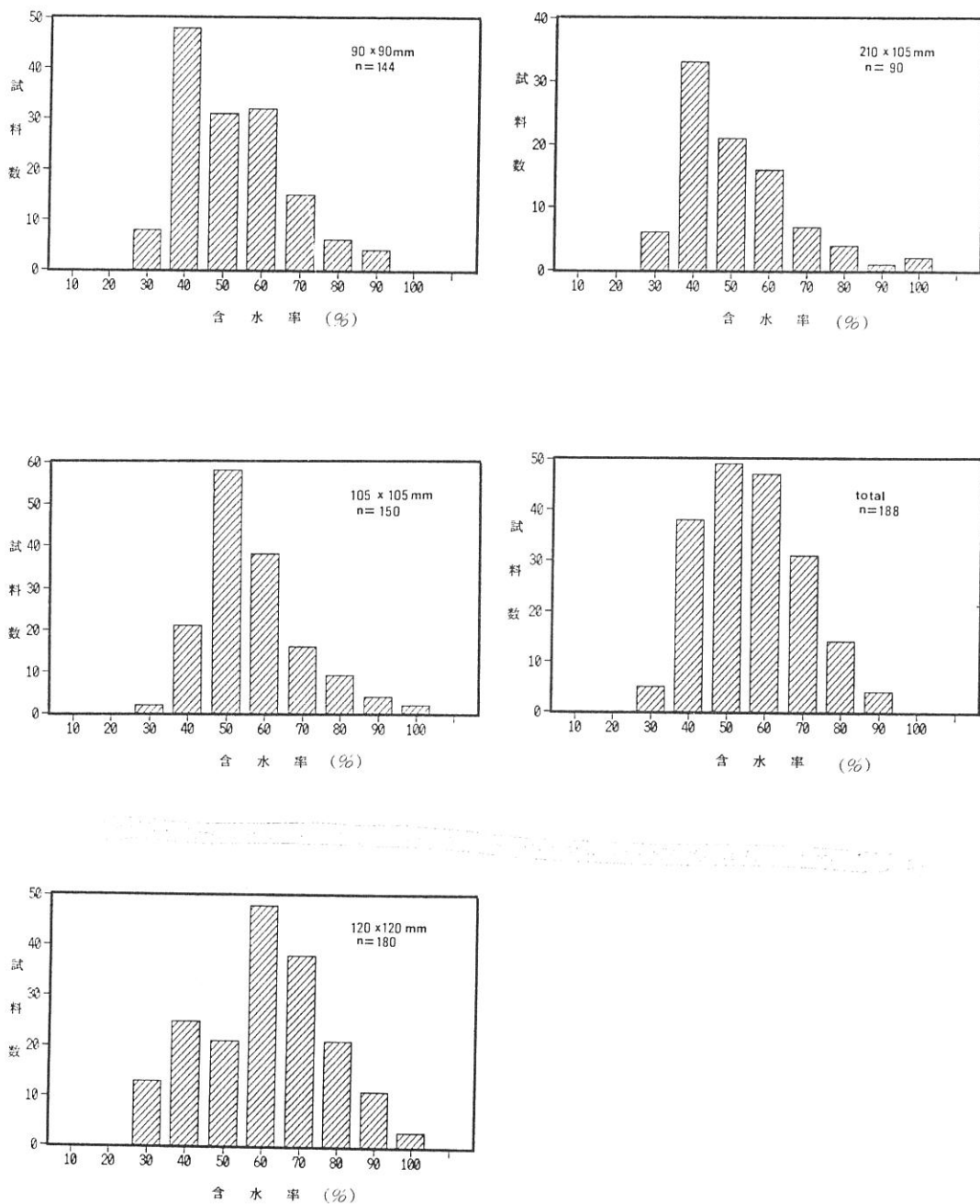


図-26 陣掛乾燥丸太からのスギ製材品の含水率出現率

Ⅲ お わ り に

スギ丸太の林内乾燥方法には葉枯らしによる方法や筋状に剥皮した玉切丸太を陣組する陣掛乾燥方法などがあり, これらの乾燥方法での含水率や重量減少率について検討した。

その結果は以下のとおりであった。

(1) 陣掛乾燥における剥皮処理の影響は他の乾燥条件に比較して著しく大きかった。3ヶ月経過後の全剥皮処理丸太の含水率は40%以下で, 重量減少率は36~45%程度であった。一方, 樹皮付丸太の含水率は100%以上, 重量減少率は10~25%以下であった。また筋状剥皮を行った丸太のそれは, 40~50%と32~39%であり, 全剥皮処理丸太に比べやや劣るが, かなり効率のよい乾燥経過を示した。筋状剥皮の剥皮率は最低でも40%程度を必要と思われた。

(2) 単木状態の葉枯らし乾燥試験では, 22日後の含水率が28%に低下したが, 林分を対象にして行った皆伐地の葉枯らし乾燥試験では3ヶ月後の穂付丸太の平均含水率が87%程度であり, 単木でのそれに比べかなり高い値であった。また, 陣掛乾燥では3ヶ月後の丸太含水率のバラツキが小さかったが, 葉枯らし乾燥ではかなり大きなバラツキが認められた。

(3) 陣掛による林内乾燥経費は1,566円/m³程度であり, 全作業経費3,256円/m³の48.1%を占めた。また, 伐木造材作業において作業時間と立木の胸高直径との間に高い相関が認められ, 陣掛乾燥経費が胸高直径から推測できると考えられた。

(4) 製材工場や製品市場におけるスギ製材品の含水率は20%程度から100%以上に至るまで大きなバラツキがあったが, ヒノキ製材品のそれは全体の9割が40%以下の低含水率であった。また, 各々の流通過程において含水率は徐々に減少していた。

また, 筋状剥皮を行う陣掛け乾燥方法はチェーンソーの稼動時間が少なく, 伐木造材業者の高齢化が進んでいる現状においては, 作業性や安全性に関しては良好であったと思われる。一方, 全伐状態における葉枯らし乾燥は, 樹冠が重なって歩行に支障をきたす状態となったり, 葉枯らし後の枝払い時に多少問題が生じた。このような作業性や安全性は乾燥経過以上に重視しなければならない。

さて, 建築用材として使われる木材, とりわけスギ並材の乾燥では, 乾燥工程を独立してとらえることはコスト面から問題があり, 立木の伐採から建築の現場までの木材流通過程全体で乾燥面の品質管理をすることが必要である。この調査は, このような視点にたって行ったもので, スギ黒色心材の調色や高級材(ケヤキ, スギ等)の乾燥などを目的とする場合は除き, 山元だけに責任をもたせるべきでないとする。そのためには原木市場, 製材工場, 製品市場, 工務店など各流通部門において, それぞれに多少の負担が要求される。

以上のようなことから, 図-27に示す針葉樹建築材の乾燥システムのモデルを考えた。山元から工務店までの間に, 含水率を150%から15%に低下させるための効率的乾燥方法を考えるには, 葉枯らし, 巻枯らし, 陣掛などの丸太の林内乾燥を取り入れなければならないと思う。

原木価格の低迷とスギ材需要の伸び悩みはこのような協力体制の成否にかかっているとされる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、全面的な便宜を図っていただいた九州林産(株)湯布院支店林産部の佐渡照夫次長，加藤二六副長をはじめ，職員の方々に深く感謝の意を表します。

また，測定に多大な協力をして頂いた当試験場木材加工科江藤幸一科長，石井秀之主任，亀井淳介技師に対し厚くお礼申し上げます。

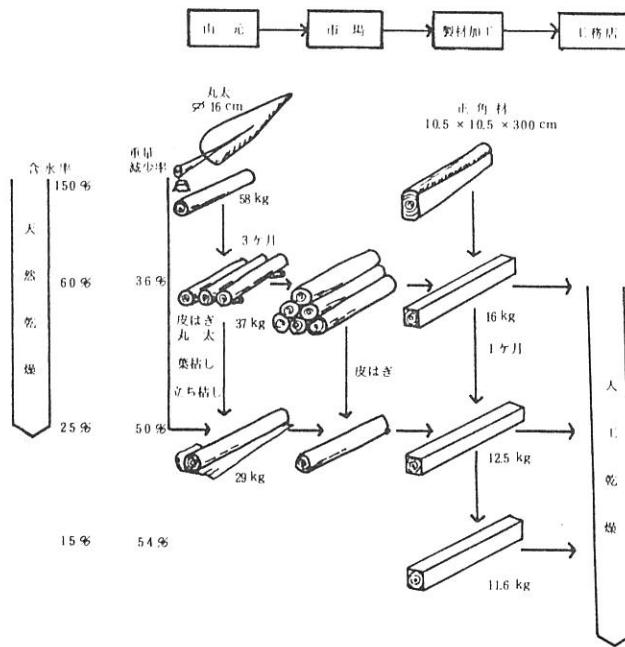


図-27 針葉樹建築材の乾燥システムのmodel

引用文献

- 1) 後藤康次・津島俊治: スギ丸太の林内乾燥について, 第38回日本木材学会大会研究発表要旨集, 410, 1988.
- 2) 後藤康次: 樹液流を利用した木材の染色, 第16回木材の化学加工研究会シンポジウム講演集, 7~12, 1986.
- 3) 後藤康次・千原賢次・片桐昭一郎: 立木染色試験—スギ樹幹中における染色液の移動, 大分県林試研報11, 47~53, 1985.
- 4) 日田木材協同組合: 日田木材協同組合百年史, 巻末写真, 1979.
- 5) 岩田隆昭・野原正人・大塚和典: スギ, ヒノキ丸太の林内乾燥について, 岐阜林セ研報, 9, 49~59, 1981.
- 6) 亀井淳介・津島俊治: スギ立木の水分分布について, 日林九支研論集41, 223~224, 1988.
- 7) 亀井淳介・津島俊治: 伐倒後におけるスギ樹幹内の水分移動, 日林九支研論集42, 投稿中, 1989.
- 8) 三村典彦: カラマツ材の乾燥, 長野林指研報1, 19~43, 1986.
- 9) 見尾貞治: スギ造林木の容積密度数と生材含水率について, 日林九支研論集41, 223~224, 1988.
- 10) 三輪雄四郎: スギの生材含水率分布について, 第35回日本木材学会大会研究発表要旨集, 31, 1985.
- 11) 日本気象協会大分支部: 大分県気象月報, 1985. 5~1987. 4.
- 12) 小野広治: スギ穂付材の林内乾燥について, 奈良林試木材加工科資料, 1~3, 1985.
- 13) 斎藤周逸・鷺見博史・佐藤庄一・中野達夫: 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研究発表要旨集, 270, 1986.
- 14) 阪井茂美・山本雅彦: スギ丸太の林内乾燥試験, 徳島林総研報23, 2~8, 1985.
- 15) 佐藤敬二: 日田林業の歩み, 55~58, 1966, 産業新聞社.
- 16) 佐藤庄一・鷺見博史・中野達夫: 葉枯らしによる素材の林内乾燥(第2報), 第36回日本木材学会大会研究発表要旨集, 270, 1986.
- 17) 鷺見博史: 見直される“葉枯らし”“巻枯らし”による素材の乾燥, 林業技術524, 11~14, 1985.
- 18) 遠矢良太郎: 葉枯らし材の材質について, 鹿児島林試研究発表会要旨, 27~30, 1983.
- 19) 梅田三樹男・辻隆道・井上公基: 標準功程表と立木評価, 日本林業調査会, 1~140, 1982.
- 20) 和田茂彦・登尾二郎・二村一男: 伐倒後のスギの乾燥について, 京大演集報9, 85~88, 1970.