

スギ、ヒノキ丸太の林内乾燥について

岩 田 隆 昭
野 原 正 人
大 塚 和 典

ま え が き

針葉樹材は広葉樹材に比較して乾燥も速く、また、乾燥による損傷も比較的少ないため、集成材のラミナを主とする板材や、みがき丸太などのような特殊用途のものを除き、建築用材として使用される場合にはほとんど含水率を問題とせず、未乾燥のまま使用されるのが普通であった。しかし、現在のように建築構法が多様に変化し、工期の短縮や生活様式の変化によって冷暖房が一般化してくると、未乾燥材の使用は問題を生じやすく、建築用材としても乾燥材の要求が強くなってきた。

一方、現場ではかなり古くからみがき丸太の林内乾燥¹⁾やスギ板材の²⁾もたせかけ、³⁾東濃ヒノキの二度挽き工程における天然乾燥や人工乾燥などが行なわれてきた例もあり、また、現在では間伐材等の搬

表一 1 供試木の概要 (スギ)

試験年月日	供試木 No.	樹令 (年)	樹高 2m の直径 (cm)	樹高 (m)	枝下高 (m)	穂長 (m)	初期重量 (kg)	処理方法	試験地
52年 美濃市 8/8~ 2/28	A-1	19	14.3	12.0	4.0	8.0	—	2mに玉切 半数ははく皮	美濃市
	A-2	19	15.8	13.8	6.1	7.6	—		美濃市
	A-3	25	14.2	15.8	6.4	9.4	—		美濃市
	B-1	19	14.4	14.6	7.0	7.6	133.5	穂付、樹皮付	美濃市
	B-2	19	14.0	13.1	4.7	8.4	117.5		美濃市
美濃市 7/28~ 12/7	B-3	25	13.8	13.7	5.4	8.3	118.5		美濃市
	B-4	25	15.4	16.0	7.7	8.3	164.0		美濃市
	B-5	25	13.4	15.4	5.7	9.7	—		美濃市
	C-1	19	15.2	16.1	5.2	10.9	147.0	穂付、枝下高まではく皮	美濃市
	C-2	19	14.6	12.0	5.7	6.3	109.0		美濃市
54年 6/26~ 10/26 9/20~ 1/10	C-3	25	15.8	17.0	10.6	6.4	189.0		美濃市
	C-4	25	12.8	16.6	8.3	8.3	147.0		美濃市
	B-6	15	9.6	8.0	4.0	4.0	50.0	穂付、樹皮付順置き	美濃市
	B-7	15	8.8	8.0	4.0	4.0	56.0		美濃市
	B-8	15	9.5	8.0	4.0	4.0	57.0		美濃市
	B-9	15	9.4	8.0	4.0	4.0	50.0	同 逆置き	美濃市
	B-10	15	8.7	8.0	4.0	4.0	52.5		美濃市
	D-1	15	9.2	8.0	8.0	0	34.0	穂無、樹皮付	美濃市
	A-4	15	10.7	—	—	0	36.5	4mに玉切	美濃市
	B-11	15	10.7	9.6	5.1	4.5	63.0	穂付、樹皮付	美濃市
55年 6/13~ 12/17	C-5	15	11.7	10.3	5.3	5.0	72.5	穂付、はく皮	美濃市
	C-6	15	8.6	9.0	5.0	4.0	45.0		美濃市
	B-12	18	11.8	11.0	5.0	6.0	100.5	穂付 樹皮付	美濃市
	B-13	18	11.1	11.0	5.0	6.0	107.0	穂長 6m	美濃市
	B-14	18	10.8	11.0	5.0	6.0	87.0		美濃市
	B-15	18	9.6	11.0	8.0	3.0	59.5	同 穂長 3m	美濃市
	B-16	18	10.3	11.0	8.0	3.0	74.5		美濃市
	D-2	18	10.5	11.0	11.0	0	59.0	穂無、樹皮付	美濃市
D-3	18	10.3	11.0	11.0	0	55.5		美濃市	

表一 2 供試木の概要 (ヒノキ)

試験年月日	供試木 No.	樹令 (年)	樹高 2m の直径 (cm)	樹高 (m)	枝下高 (m)	穂長 (m)	初期重量 (kg)	処理方法	試験地
53年 7/11~ 12/21	A-1	28	8.5	5.0	5.0	0	27.8	玉切 順置き	美濃市 (工場内)
	A-2	28	10.5	4.0	4.0	0	34.4		
	A-3	28	10.0	5.0	5.0	0	27.2	玉切 逆置き	
	A-4	28	10.5	4.0	4.0	0	36.0		
	B-1	28	14.2	13.6	7.0	6.6	123.0	穂付 樹皮付	美並村
	B-2	28	16.1	14.7	7.5	7.2	185.0		
	C-1	28	11.4	14.9	8.6	6.3	107.0	穂付 枝下高まで はく皮	
	C-2	28	12.0	12.5	9.1	3.4	91.0		
54年 9/21~ 2/28	B-3	18	9.9	10.6	6.1	4.5	58.0	穂付 樹皮付	美濃市
	B-4	18	11.8	10.8	5.8	5.0	62.0	順置き	
	B-5	18	9.2	9.6	5.1	4.5	45.0		
	B-6	18	9.2	9.0	4.0	5.0	41.0	同	
	B-7	18	9.3	10.4	5.9	4.5	47.0	逆置き	
	B-8	18	10.0	10.3	5.8	4.5	58.0		
	D-1	18	11.8	10.1	10.1	0	61.0	穂無 樹皮付	
	D-2	18	9.3	10.0	10.0	0	40.0		
55年 6/13~ 12/17	A-5	18	10.2	4.0	4.0	0	35.5	4mに玉切	美濃市
	B-9	18	7.5	9.0	5.0	4.0	34.0	穂付 樹皮付	
	C-3	18	8.8	10.0	5.0	5.0	51.0	穂付 はく皮	
	C-4	18	7.3	10.5	5.5	5.0	44.0		
	B-10	18	10.5	11.0	5.5	5.5	76.5	穂付、樹皮付	
	B-11	18	9.0	11.0	5.5	5.5	57.5	穂長 5.5m	
	B-12	18	9.8	11.0	5.5	5.5	74.0		
	B-13	18	10.0	11.0	8.0	3.0	63.5	同	
B-14	18	10.5	11.0	8.0	3.0	69.0	穂長 3m		
D-3	18	11.0	11.0	11.0	0	62.0	穂無 樹皮付		
D-4	18	9.3	11.0	11.0	0	44.5			

て設定した。

1.3 供試木の性状と処理区分

各供試木の性状および上述の処理方法の組合せによる処理区分を表-1(スギ)、表-2(ヒノキ)に示した。なお、供試木№の頭の記号のAは玉切材を表わしている。また、Cは穂付、はく皮を、Bは穂付、樹皮付、Dは穂無・樹皮付をそれぞれ表わしている。

1.4 測定方法

各供試木はすべて間伐方式で伐採し、その地点に設置した。穂付材は伐根の上に元口部を置き、樹幹部が直接地面に接しないようにしたが、玉切丸太はすべて直接地上に植積した。

乾燥経過は、原則として乾燥初期は1~2週間毎に、後期はほぼ1カ月毎に(雨天の場合は2~3日遅らせて)、100kg用台秤と50kg用スプリングバランスを併用するか、あるいは100kg用と50kg用スプリングバランス2本で全幹重量を測定して求めた。

(写真-1)

また、52年に実施したスギにおいては、重量を測定すると同時に、生長錐(φ10mm)で樹高0.5m、3mおよび6mの位置に穴をあけ材を抜き取り、辺心材別に絶乾法により含水率を求めた。生長錐であけた穴はすぐにコーキング剤をうめ込み、雨水が入らぬようにした。

重量を測定した供試木は、試験終了後に樹高方向に1~2m毎に厚さ約3cmの円板を採取し(一部は辺心材別に)、円板の含水率を絶乾法により求めた。また、供試木の乾燥経過は、各円板より求めた含水率をもとに樹幹の体積比で按分して求めた。ただし、穂付の場合の含水率は、枝や葉の占める重量や含水率など樹幹部と異なる点もあるが、枝や葉を樹幹部と別けて測定することは不可能であり便宜的に枝や葉も樹幹部と同一とみなして計算したのでみかけの含水率とした。

1.5 試験期間と気象条件

試験期間は表-1、表-2に示したが、試験期間の美濃市(岐阜県林業センター場内)の平均気温、平均湿度について図-1に示した。

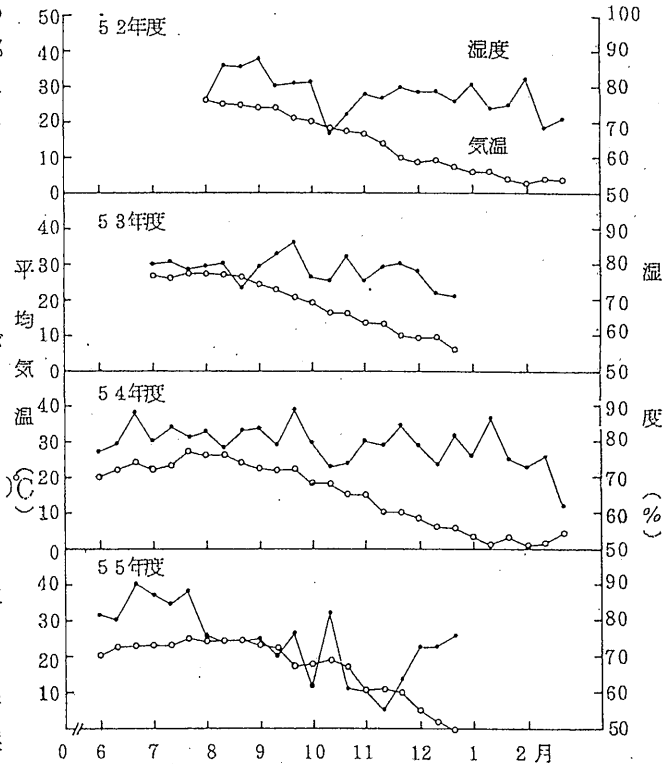


図-1 試験期間中の気象条件(美濃市)



写真-1 測定方法

2 試験結果と考察

2.1 玉切丸太の乾燥

伐採された丸太は一時山土場に、その後原木市場および製材工場で堆積される。その期間は短かく木材の乾燥はあまり期待できないが、他の天然乾燥試験と比較するため玉切り丸太の林内乾燥試験を実施した。

林内での乾燥ではないが、工場内で堆積された1~3mの丸太の天然乾燥速度についてはすでに報告したように、スギの未口径14~20mmの樹皮付材では、高含水率時でも乾燥速度は0.4~0.8%/日であり、はく皮した場合でも2~3%/日ときわめて遅い。

今回のように林内での乾燥は工場内と異り、雨水や林内の湿気の影響をうけ乾燥速度はより低くなると思われる。

図-2に美濃市で試験したスギ玉切材(供試木No. A-1, A-2)について、樹皮付およびはく皮の状態での乾燥経過を示したが、図のように樹皮付の場合は約160日経過して

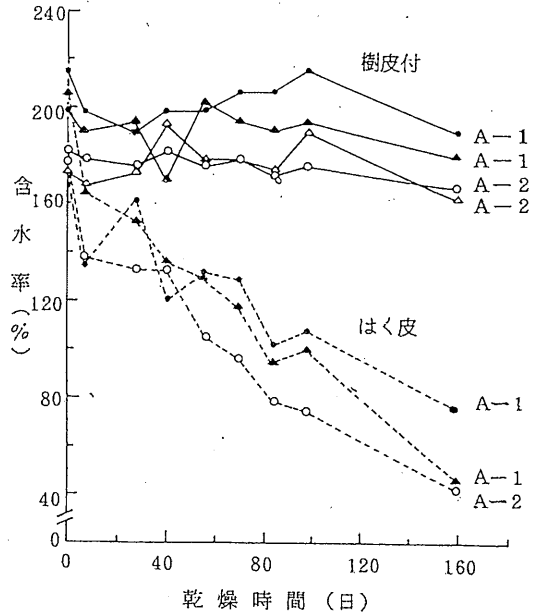


図-2 玉切材の乾燥経過
(52年度、美濃市、スギ)

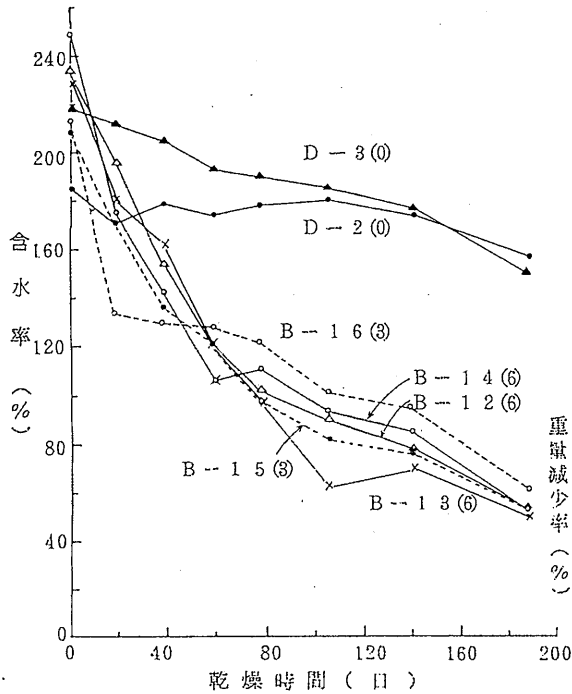


図-3 穂付材の乾燥経過
(55年度、美濃市、スギ)

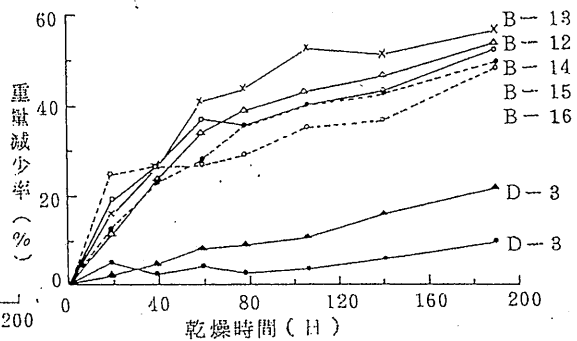


図-4 穂付材の重量減少率(スギ)

も含水率はほとんど変化しない。一方、はく皮した場合は直線的に含水率が減少し、100日で平均含水率が約160%から60%までと約100%減少し、1%/日の乾燥速度となった。これは、樹皮付の場合は樹皮が材の乾燥を防いでいること、はく皮した場合でも林内という条件の下では、雨水やその他の影響で工場内の約 $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ に乾燥速度が低下することを示している。なお、ヒノキの場合については特に詳しく試験していないが、A-5や穂無の供試木(D-n)をみてもスギと同様な結果がうかがえる。

2.2 穂付丸太の乾燥

上述のように丸太を玉切した場合には、はく皮しないと乾燥しない。しかし、林内でははく皮は困難であり、樹幹の割れや傷をうけやすくまた、虫あるいはカビによる材の損傷の危険があり特殊な場合を除き実用的でない。そこで実行されているのが葉の蒸散作用を利用した穂付乾燥であり、ここではその効果を検討した。

スギ、ヒノキの立木時の含水率は、生育条件や季節あるいは個体によっても異なる。また1本の木であっても樹心方向、樹高方向への距離によって樹幹内の含水率は異なる。また、穂付の場合には含水率の変化をどのようにとらえればよいか非常にむづかしいため、便宜的に測定方法の項で述べた方法により含水率を求めた。

図-3にスギの穂長別乾燥経過、図-4に同重量減少率、同様に図-5、6にヒノキの結果を示した。図中の供試木No.の後の()書きは穂長を示している。

スギのNo.D-2、D-3、ヒノキのD-3、D-4は穂無のもので、これらの材の含水率はあまり減少していない。上述の玉切丸太の乾燥結果よりやや速く乾燥しているが、これは玉切丸太は地面に接して並積したこと、穂無のものは梢頭まで枝打してあり、枝打ちによる節の木口面が多くあらわれたことなどの影響である。

いずれにしても、穂無のものは重量減少率が、終了後でも1~2割程であり材は乾燥しない。それに対し、穂付の場合の含水率は大きく減少しており、スギの場合での乾燥速度は1.2%/日(120%/100日)、ヒノキのそれは0.6%/日(60%/100日)である。

しかし、穂長が3mと6m(ヒノキの場合は5.5m)の場合は、ヒノキではほとんど差がなく、スギの場合でもわずかに6mの方が乾燥速度が大きい程度であった。これは、葉の蒸散作用を利用したといっても伐倒木であり、通常の生理的蒸散とは全く異なった活動であると思われる、葉の量に比例するのか、若い葉のみ蒸散するのか不明であるため、穂長の差による乾燥経過の違いが少なかった理由は不明である。なお、参考までに試験終了時の枝葉の重量と含水率の一例を表-3に示した。

次に葉の蒸散作用の経過をみても。穂付供試木の葉の枯死に至る状態は、伐倒した時期によっても

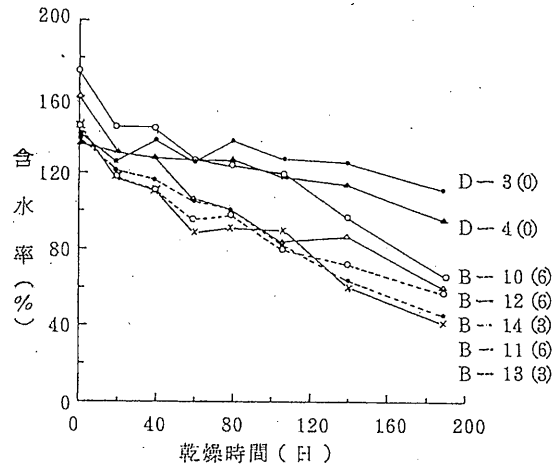


図-5 穂付材の乾燥経過
(55年度、美濃市、ヒノキ)

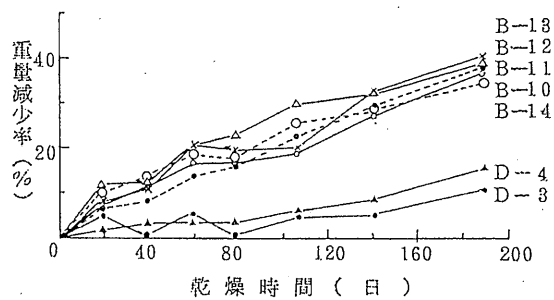


図-6 穂付材の重量減少率(ヒノキ)

異なるが、スギの場合では、伐倒後1カ月程で梢端が黄色くなり始め、その後徐々に黄色が強くなり70~90日程で全面的に黄褐色になる。図-3、4からみても含水率低下、重量減少の一番大きいのは40日程度までであり、その後は100日程まで蒸散による効果のみみられる。

一方、ヒノキの場合は枯死するまでの期間が長く、2カ月程で梢端が黄色くなり始め、全面的に黄色くなるには約5カ月間かかる。これも図-5、6に対応していると考えられ、6カ月間はほとんど直線的に含水率も減少している。

2.3 穂付材の設置方向

穂付材を林内に放置する場合、元口部を伐根の上に載せて乾燥するのは一般的になされているが、山の斜面に対し順置きにするか、逆置きにするかは様々であるため、その違いを含水率の減少面から検討した。

表-3 天乾終了時の枝葉の重量と含水率

樹種	供試木 No.	総長 (m)	枝と葉の重量 (kg)	樹冠部の幹重量 (kg)	枝下高までの重量 (kg)	樹高9mの位置の含水率
スギ	B-12	6	7.7	7.7	30.3	32.8
	B-13	6	8.9	7.9	29.1	30.5
	B-14	6	5.9	7.0	27.9	30.9
	B-15	3	3.4	1.6	24.6	36.0
	B-16	3	4.5	2.2	31.5	34.7
	D-2	0	0	0	53.0	139.0
	D-3	0	0	0	43.3	34.0
ヒノキ	B-10	5.5	6.1	11.0	29.3	42.0
	B-11	5.5	3.6	4.3	27.6	21.5
	B-12	5.5	5.0	5.8	34.4	25.4
	B-13	3	2.4	1.3	33.9	21.2
	B-14	3	1.5	1.3	41.8	20.5
	D-3	0	0	0	55.0	22.4
	D-4	0	0	0	45.2	24.4

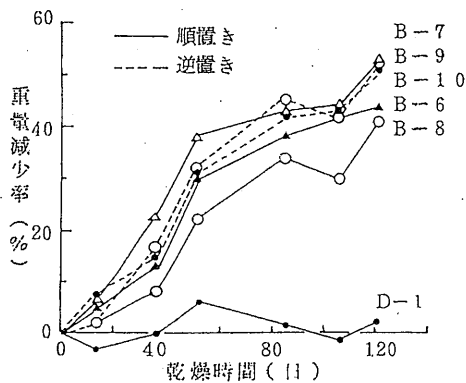


図-8 穂付材の重量減少率(スギ)

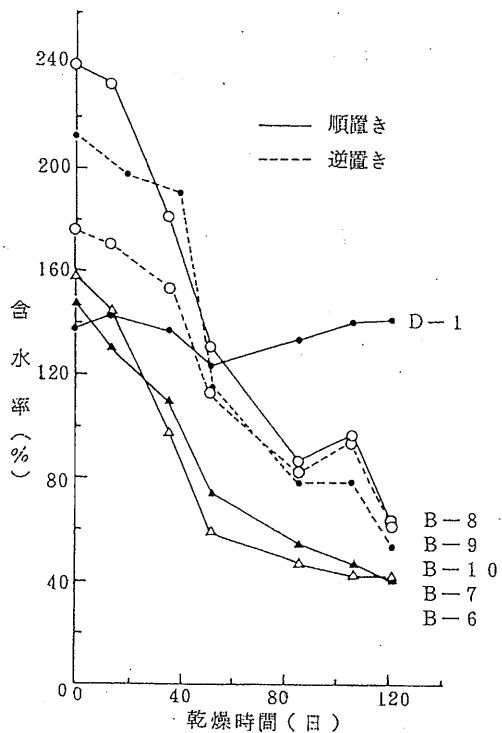


表-7 穂付材の乾燥経過 (54年度、美濃市、スギ)

その結果をスギについては図-7、8にヒノキについては図-9、10に示した。

スギ、ヒノキ共に供試木の選定がうまくなかったのか、含水率の推定方法に問題があるのか、初期含水率にかなりのバラツキが生じたため比較しにくい、重量減少率と併せてみるかぎり両者に差はないと思われる。設置した山の斜面はほぼ25°の傾斜であったが、穂を斜面の下側(逆置き)にして、樹幹内の水を重力によって葉の方への移動を速くして蒸散を速めるという効果はほとんどないものと思われる。

2.4 穂付・はく皮材の乾燥

図-11に美並村、美濃市両試験地で試験したスギの乾燥経過を、図-12に重量減少率を示した。両試験地とも試験年月日はほぼ同じであるが、気象条件の違いから美並村の供試木の乾燥はやや遅くなっている。

玉切材では、はく皮した場合は樹皮付の場合に比べて乾燥速度はかなり速いが、穂付材ではやや異なった結果を示した。

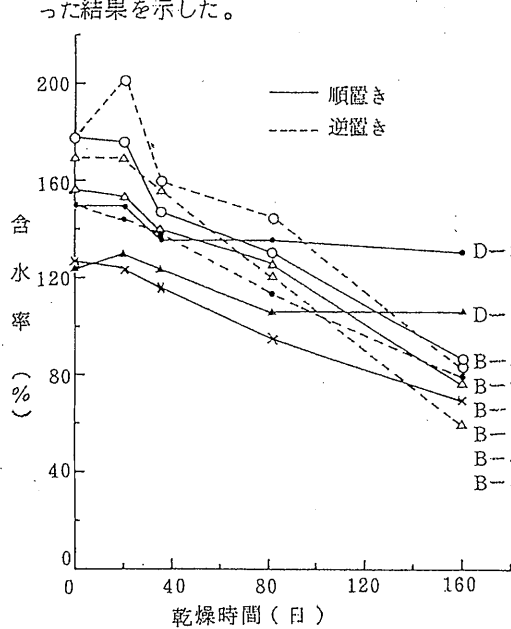


図-9 穂付材の乾燥経過
(54年度、美濃市、ヒノキ)

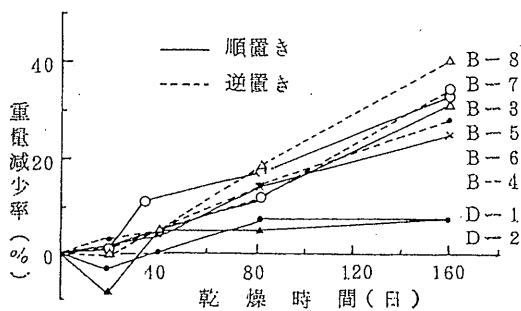


図-10 穂付材の重量減少率(ヒノキ)

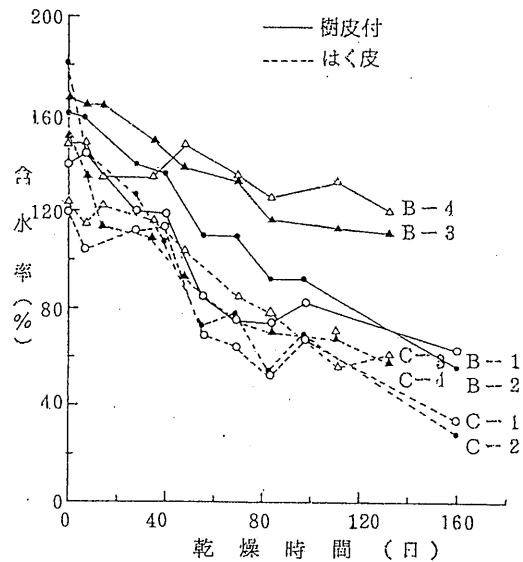


図-11 樹皮付・はく皮材の乾燥経過
(52年度、美濃市1、2、美並村3、4、スギ)

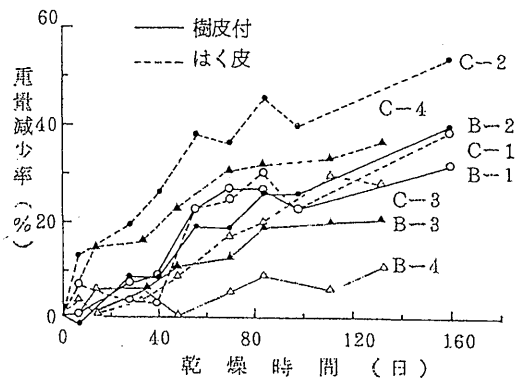


図-12 樹皮付・はく皮材の乾燥経過
(美濃市1、2、美並村3、4、スギ)

樹皮付の場合でも穂付材では葉の蒸散効果によりかなり速く乾燥する。そのため、穂付材をはく皮した場合それ以上にどの程度乾燥を速められるかであるが、美濃市の試験地では効果が少なく、美並村の試験地ではやや効果があるという結果となった。これは、美並材の試験地は美濃市よりやや湿潤な林地で、乾燥速度が遅いためはく皮の効果が少しあらわれ、乾燥の速い美濃市では樹皮付の材の乾燥も速いためその効果があらわれなかったと思われる。またヒノキについては図-13に含水率経過(美並村)を示したが、はく皮の効果がうかがえる。しかし、穂付材とはく皮材は、玉切り材に比べ同程度の乾燥促進効果を示すが、併用することによる相乗効果は少ないようであり、乾燥速度は樹幹内部の水分移動に影響されるようである。

2.5 樹幹内含水率の変化

樹幹内の含水率変化を調べるため、スギの穂付材について地上高0.5m、3mおよび6mの位置の含水率を辺心材別に経時的に測定した。その結果の一例を図-14に示したが、これは供試木No.B-3、4、5の3本の平均値である。この試験地では多湿心材のスギが多く、また伐採時期が8月であり、心材の含水率は辺材の含水率より高くまた辺材の含水率はやや少ない。

樹高方向での初期含水率のバラツキは辺材では少ないのに対し、多湿心材の場合ではバラツキが大きい。樹高0.5mでは180%前後であるのに対し、6mの位置では100%程と約半分であり、樹高方向に含水率は低くなっている。また、別の試験結果では、心材含水率は樹高方向に関係なく約60%であり、スギの場合は、辺材の含水率はほぼ一定であるのに対し、心材の含水率は一定していないといえる。

含水率の減少経過をみると、辺材では乾燥日数とともに徐々に含水率が低下するのに対し、心材含水率はほとんど変化がなく、樹高6mの位置でやや低くしている程度である。このように、たとえ心材の初期含水率が辺材より高くても、丸太の天然乾燥では穂付であっても辺材の水から蒸散し、辺材含水率がかなり減少してからでないといふ心材の水は抜けにくいようである。

また、55年に試験したヒノキ、スギの樹高別最終含水率を図-15、16に示した。

樹高方向への含水率分布は、ヒノキの場合では、樹高0mの位置の含水率が低いがこれは木口から

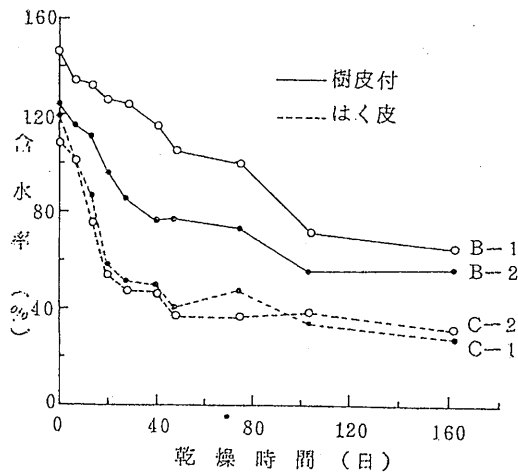


図-13 樹皮付・はく皮材の乾燥経過 (53年度、美並村、ヒノキ)

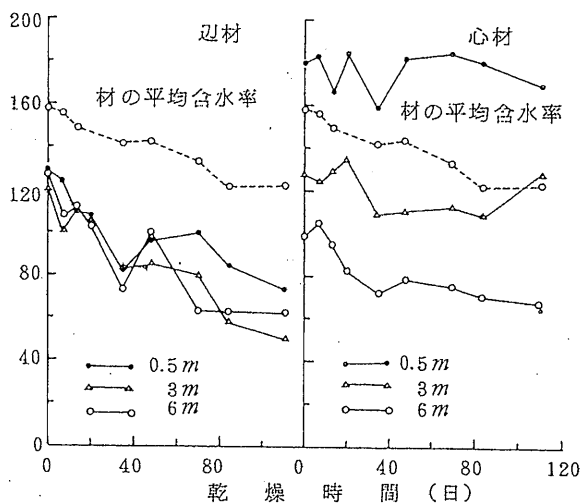


図-14 樹高別含水率減少経過 (52年度、美濃市、スギB-3、4、5の平均)

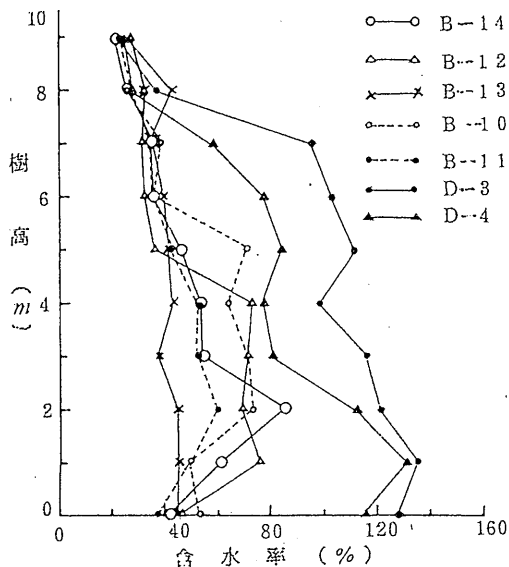


図-15 試験終了時の含水率分布
(55年度、美濃市、ヒノキ)

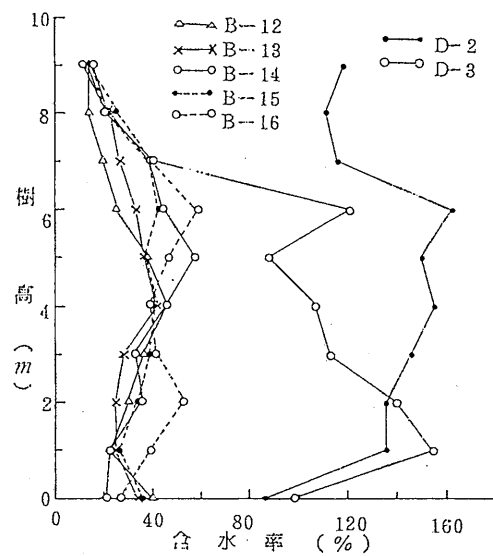


図-16 試験終了時の含水率分布
(55年度、美濃市、スギ)

の水分蒸散の影響であり、それ以上は樹高が高くなるにつれ含水率は減少し、梢頭より2m程では含水率20%前後まで達しており、ほぼ林内の平衡含水率になっている。これは、葉の蒸散作用により枝のついている部分の含水率減少と、樹幹内の水が穂高方向に移動する速度とのバランスにより含水率分布が決まる。また、辺材部の水分移動は良好であっても心材部の水分移動は樹高方向へも半径方向へも極めて悪く、心材率の高い樹高の低い部分は相対的に含水率が高くなることを示している。

一方、スギについては含水率がかなり低下した段階であり、含水率分布の途中経過を推察することはむづかしいが、ヒノキと同様だと思われる。いずれにせよ、樹幹内の含水率分布の経時変化、枝や葉の部分の含水率変化など測定方法もむづかしく今後の課題としたい。

3 ま と め

スギ、ヒノキの穂付、はく皮などの処理別に林内乾燥試験を実施し、その乾燥経過について検討してきたが、それらをまとめると次のとおりである。

- 1) 樹皮付のまま玉切したり、梢頭まで枝打ちした材は、相当長期間(6カ月)林内に放置しても材はほとんど乾燥しない。一方、はく皮したものは、スギの乾燥初期で約1%/日程度の乾燥速度であり、工場内で乾燥した場合の $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ である。
- 2) 葉の蒸散作用を利用した穂付丸太の場合では、樹皮付でスギ1.2%/日、ヒノキで0.6%/日の初期乾燥速度で、玉切材をはく皮して乾燥した時と同程度の乾燥速度を示す。しかし、穂の長さ別の差は今回の試験では少なく、この理由はあきらかでない。
- 3) 穂付材の林内での設置方向の違い(順置きと逆置き)による含水率減少経過に及ぼす影響はほとんどないと思われる。
- 4) 穂付ではく皮した材の乾燥経過では、樹皮付よりはく皮した方がやや乾燥が速いが、穂付、はく皮の併用による相乗効果は少なかった。
- 5) 穂付材の樹幹内の含水率分布の経時変化は、葉からの蒸散による梢頭部の含水率低下と樹幹からの梢頭部への水分移動のバランスにより決まり、樹高が高くなるにつれて含水率は低下している。また、心材部の水分移動はきわめて少なく、辺材の含水率がかなり低下してからでないとい心材部の含水率は低下しない。

以上、針葉樹の林内乾燥について乾燥速度の面から検討したが、実際に林内乾燥をどのように実施するかについては種々問題がある。はく皮する場合には、直接太陽光のあたる部分は日ヤケや乾ワレの心配があるので、葉や新聞紙などで日光を防がなくてはならないし、傷や虫、カビなどの害に対しても注意を払う必要がある。一方、搬出を容易にするという面からすれば、穂付・樹皮付材では3カ月放置の場合で、スギで約4割、ヒノキで2.5割程の重量減少であり、かなり効果はあるし、また、材の含水率も80～90%に低下しており、製品にしてからの乾燥も容易である。また林内での乾燥については不明な点も多いが少しでも参考になれば幸いである。

参 考 文 献

- 1) 岩水豊：磨丸太のすべて（1975）
- 2) 満久崇磨：木材の乾燥（1962）
- 3) 熊谷洋二：ヒノキ柱材のひき直しに関する研究：岐林セ研報 No.4（1976）
- 4) 野原正人他2：針葉樹材の天然乾燥速度について：岐林セ研報 No.5（1977）
- 5) 野原正人他1：針葉樹材の四季別乾燥速度について：日木学会発表要旨（1975）