

カラマツ丸太のCSF処理乾燥

- 低温スケジュールによる人工乾燥 -

信田 聡 千葉 宗昭
奈良 直哉

The Kiln Drying of Larch Logs Treated with Concentrated Steffen Filtrate

Satoshi SHIDA Muneaki CHIBA
Naoya NARA

Small larch logs were divided into three groups, and dip-treatment with C.S.F., i.e., concentrated Steffen filtrate, was performed on the first group 10 days, on the second 20 days, and on the third 30 days, after their fell. Then the logs of all the three groups were dried in a kiln according to two low-temperature schedules, until their moisture content became 10 %. After the drying, the checks, the twist and the warp of each log were measured to examine the effects of both elapsed time after the fell and the drying schedules upon the drying-caused defects of the logs, in an attempt to find out the optimum drying schedule and the optimum time condition for reducing those defects. The results obtained are summarized as follows :

- (1) After the treatment with C.S.F., none of the three time conditions had any influence upon the reduction of the defects.
- (2) Difference in elapsed time after felling did not exert any recognizable effect upon C.S.F. infiltration into a log.
- (3) The low-temperature and low-humidity schedule was found to be more effective for decreasing a warp than the low-temperature and high-humidity schedule. Warp values ranged between 8.8 mm and 16.0 mm per 3.65m of log length.
- (4) After the kiln-drying, the twists grew equally without any relation to the time conditions and the drying schedules. Twist values ranged between 8.5 degrees with 14-year-old logs and 14.8 degrees with 10-year-old logs.
- (5) The checks grew remarkably, and their growth was not in least connected with the time conditions nor with the drying schedules. The average length of the checks per 3.65 m of log length was 191.4 cm With 10-year-old logs, and 401.3 cm with 14-year-old logs. In other words, the check length was recognized to become great in proportion to the log diameter. Of all the 45 logs, only 7 were found to be suffering from no defects after the kiln-drying, the ratio of the defectless logs to all the logs being 16 %. Most of those defectless logs were 10 years old and their diameter was under 10 cm.

割れ防止の目的で、伐木後の経過日数を10日、20日、30日と変えてCSF処理を施したカラマツ小径丸太を2つの低温スケジュールによって含水率10%まで人工乾燥を行い、乾燥後に割れと狂いの測定を行った。その結果から、伐木後CSF処理を施すまでの経過日数、および乾燥スケジュールが丸太の損傷に及ぼす影響を検討した。その要約を以下に示す。

- (1) CSF処理は、伐木後処理までの経過日数を変えても、丸太の割れ、狂い防止に対して良好な効果は認められなかった。
- (2) CSF浸潤率は伐木後のCSF処理までの経過日数の違いによる差はなかった。
- (3) 曲がりに対しては低温低湿スケジュールの方が、低温高湿スケジュールより効果が認められ、その値は材長3.65m当たり、8.8~16.0mmであった。
- (4) ねじれは伐木後のCSF処理までの経過日数、乾燥スケジュールに関係なく一様に発生し、その大きさは、10年生丸太で、材長3.65m当たり、平均で14.8度、14年生丸太では平均8.5度であり、10年生丸太の方が大きなねじれを示した。
- (5) 割れに対しては、伐木後のCSF処理までの経過日数、および乾燥スケジュールのいずれの条件も防止効果は認められず顕著に発生した。10年生丸太では丸太1本当たり191.4cm、14年生丸太では401.3cm発生し、14年生丸太の方が割れは多かった。言いかえると、割れは径級の大きい丸太はどくなる傾向が認められた。割れが全く発生しなかった丸太は45本中7本で全体の16%であり、そのほとんどが10年生の径扱が10cm以下のものであった。

1. はじめに

前報¹⁾ではCSF処理を施したカラマツ小径丸太の天然乾燥を行い、CSF処理が割れ防止に有効であることを報告した。本報告では伐木後の経過日数を10日、20日、30日と変えCSF処理を施したカラマツ小径丸太(末口径8cm~14cm)を2つの異なるスケジュールで含水率10%まで人工乾燥を行い伐木後CSF処理までの経過日数(以下伐木後日数という)、乾燥スケジュールが、割れ、狂いに及ぼす影響を検討した。

2. 実験方法

2.1 供試丸太

今回使用したカラマツ小径丸太は大別して10年生と14年生であったが、その概要について第1表に示す。

第1表 供試丸太

径 級	10.6 cm (7.9~13.9)	平均年輪幅	4.6 mm (3.6~5.7)
材 長	3.65 m	初期含水率	30~35%
樹 齢	10, 14年	供 試 本 数	45 本
全 乾 比 重 (CSF処理後)	0.48 (0.38~0.57)		

() 内は範囲。

2.2 伐木後日数

伐木後、屋外に10日、20日、30日放置したカラマツ丸太を皮付きのまま第2表に示す条件にてCSF処理を行い、その後は皮を剥いて供試丸太を得た。各条件ごとに15本の丸太を供試した。またCSFの概要については前報¹⁾にて述べたので省略する。

第2表 CSF処理条件

伐木後の経過日数	10	20	30
処理条件	C S F 濃 度 30% (brix)		
	加熱 85~90°C - 8時間		
	↓		
	冷却 25~35°C - 16時間		
処理回数	3回		

2.3 乾燥スケジュール

乾燥スケジュールは、第3表に示した2つのスケジュールを用いた。両スケジュールとも低温スケジュールであるが、Aは低温低湿、Bは低温高湿スケジュールである。

2.4 乾燥装置

装置はヒルデブランド社のHD74 / 型(蒸気式改良型)を用いた。本装置は強制水平循環インターナル

第3表 乾燥スケジュール

(A) 低温低湿スケジュール			(B) 低温高湿スケジュール		
含水率 (%)	乾球温度 (°C)	乾湿球温度差 ^{a)} (°C)	含水率 (%)	乾球温度 (°C)	乾湿球温度差 (°C)
生~30	40	—	生~30	45	3
30~25	45	—	30~25	45	3
25~20	50	—	25~20	50	4
20~15	55	—	20~15	55	6
15~終末	65	—	15~終末	65	20

a) 湿球温度は制御せず、常時乾球温度との差が20°C以上あった。

ファンの木材乾燥機で木材収容量2.2m³である。

3. 結果と考察

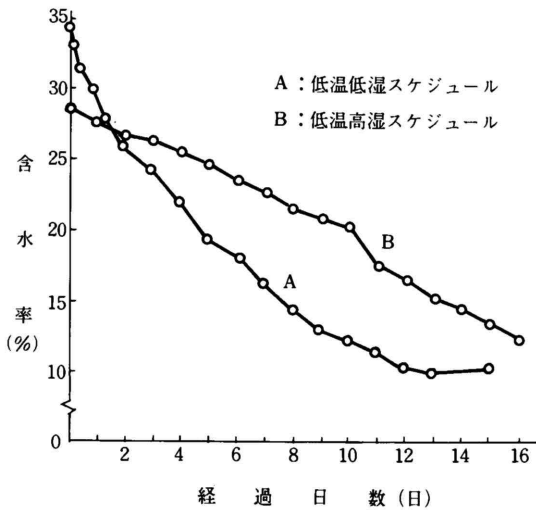
3.1 含水率経過

第1図にA, B両スケジュールにより乾燥した場合の丸太の含水率経過を示す。両曲線は各伐木後日数, 1本ずつ合計3本の丸太の含水率の平均値で示した。丸太の初期含水率は30%~35%であった。

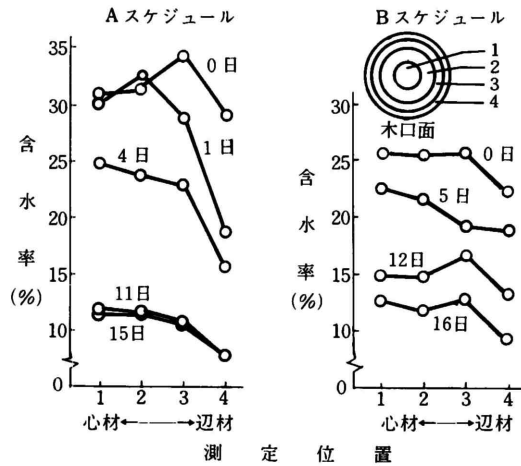
Aスケジュールの場合, 乾燥初期から低湿なため含水率低下が著しい。一方, Bスケジュールでは初期に高湿を保っているため含水率低下は緩やかである。仕上がり含水率はAでは10%, Bでは12%で, 乾燥所要日数はAでは15日, Bでは16日であった。

3.2 水分傾斜

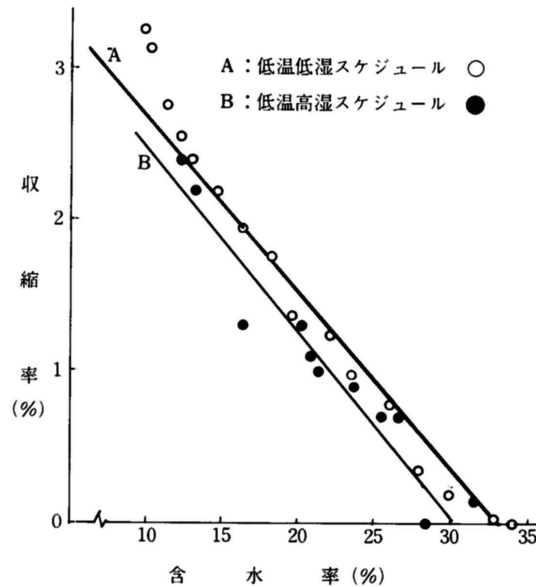
第2図に丸太木口面の半径方向における水分傾斜の



第1図 カラマツCSF処理丸太の乾燥経過



第2図 カラマツCSF処理丸太の水分傾斜 (伐木後日数20日の場合)



第3図 カラマツCSF処理丸太の半径方向の収縮率

状態を乾燥スケジュール別に示した。Aスケジュールは、Bスケジュールに比べて水分傾斜が大きい。この点から考えるとAスケジュールはBスケジュールよりも割れに対しては危険なスケジュールといえる。

3.3 収縮率

第3図に丸太木口面の半径方向の収縮率と含水率の関係を示した。プロットした点は、伐木後日数10日、20日、30日の3本の平均値である。回帰直線を外挿して、含水率0%時の収縮率（全収縮率）を推定すると、CSF処理丸太の半径方向の全収縮率は3.7~4.0%となり、カラマツの無処理材の文献値²⁾3.9%にほぼ等しく、この結果からCSF処理は、カラマツの収縮率を小さく抑える効果は認められない。

3.4 狂い

3.4.1 ねじれ

乾燥による丸太のねじれを測定した。ねじれは丸太の末口、元口に引いた基準線の、水平線に対する傾きを角度計により測り、両木口の値の差を求める。更に乾燥後にも同様にして測定し、両者の差をもって乾燥によるねじれ（単位：度）とした。

第4表に、丸太樹齢ごとに、乾燥スケジュール別、伐木後日数別のねじれの大きさを示した。乾燥スケジュール、伐木後日数がねじれに及ぼす影響を調べるために、樹齢のグループごとに分散分析を行い両者の影響を検討したが、危険率5%では、スケジュールの違いも、伐木後日数の違いも、ねじれに対する有意性が認められなかった。すなわち、今回定めた乾燥スケジュール、伐木後日数の違いは、ねじれにあまり関係し

ていないといえる。

一方、樹齢とねじれを比較すると、10年生丸太では14.8度、14年生丸太では8.5度となり、10年生丸太の方が大きいねじれを示した。ねじれは材の繊維傾斜と正の相関があるが、滝沢ら³⁾はカラマツ材について、ねじれと最も高い相関を示すのは、材表層部における繊維傾斜であると報告しているが、今回のカラマツ小径丸太について、繊維傾斜を測定したところ、10年生丸太では4.5度、14年生丸太では2.2度であった。この結果は、10年生丸太のねじれが14年生丸太のそれよりも大きく、なることの1つの説明となる。

3.4.2：曲がり

第5表にCSF処理丸太の人工乾燥後の曲がりを示した。曲がりは材長3.65mの丸太の中央矢高（単位：mm）の乾燥前後の差によって示した。ねじれと同様にして、樹齢グループごとに乾燥スケジュールと伐木後日数が曲がりに対して及ぼす影響を調べるために分散分析を行った結果、伐木後日数の違いは曲がりに対して有意性を示さず、スケジュールの違いは、10年生丸太については有意性を示し、14年生丸太では有意性を示さなかった。すなわち、低温高湿スケジュールの方が低温低湿スケジュールよりも大きな曲がりを示す傾向があった。この原因については、コンディショニングの時間が高湿スケジュールの場合多少短かったことが関係していると思われる、本来ならばスケジュールの違いが曲がりに及ぼす影響の差はないものと考えられる。

曲がりと樹齢との関係について触れると、10年生丸

第4表 カラマツCSF処理丸太の乾燥後のねじれ

伐木後日数	ねじれ (度/3.65m)					
	10年生丸太 ($\bar{\phi}=9.8\text{cm}$)			14年生丸太 ($\bar{\phi}=11.8\text{cm}$)		
	スケジュールA	スケジュールB	平均値	スケジュールA	スケジュールB	平均値
10	19.0	12.2	15.6	15.4	5.9	10.7
20	12.1	17.2	14.7	13.1	5.2	9.2
30	16.3	12.2	14.3	4.5	7.0	5.8
平均値	15.8	13.9	14.8	11.0	6.0	8.5

注) $\bar{\phi}$ ：丸太の末口径の平均値。

スケジュールA：低温低湿スケジュール、スケジュールB：低温高湿スケジュール。

第5表 カラマツCSF処理丸太の乾燥による曲がり

伐木後 日数	曲 が り (mm/3.65m)					
	10年生丸太 ($\bar{\phi}=9.8\text{cm}$)			14年生丸太 ($\bar{\phi}=11.8\text{cm}$)		
	スケジュールA	スケジュールB	平均値	スケジュールA	スケジュールB	平均値
10	13.5	18.6	16.1	15.2	37.5	26.4
20	7.4	11.4	9.4	16.0	16.5	16.3
30	5.7	14.0	9.9	17.3	33.0	25.2
平均値	8.9	14.7	11.8	16.2	29.0	22.6

注) $\bar{\phi}$: 丸太の末口径の平均値。
 スケジュールA : 低温低湿スケジュール,
 スケジュールB : 低温高湿スケジュール。

第6表 カラマツCSF処理丸太の乾燥による割れ長さ

伐木後 日数	割 れ 長 さ (cm/3.65m)					
	10年生丸太 ($\bar{\phi}=9.8\text{cm}$)			14年生丸太 ($\bar{\phi}=11.8\text{cm}$)		
	スケジュールA	スケジュールB	平均値	スケジュールA	スケジュールB	平均値
10	246.0	155.2	200.6	376.3	308.8	342.6
20	116.2	187.6	151.9	361.0	534.5	447.8
30	188.5	255.0	221.8	335.5	491.6	415.6
平均値	183.6	199.3	191.4	357.6	445.0	401.3

注) $\bar{\phi}$: 丸太の末口径の平均値。
 スケジュールA : 低温低湿スケジュール,
 スケジュールB : 低温高湿スケジュール。

太では11.8mm, 14年生丸太では22.6mmであったが, 危険率5%で分散分析をすると, 有意差が認められなかった。したがって, 10年生丸太と14年生丸太では, 曲がりについては差はないといえる。

3.5 割れ

第6表に割れの結果を示す。丸太断面でみると外周に開いた字型の表面割れが生じるが, 本報告では丸太材面上の表面割れ(写真1)の長さ幅を測定し, 丸太1本(材長3.65m)当たりの累計値を指標とした。このうち第6表では, 割れ長さについて各条件別に2~6本の丸太の平均値として示した。これを見ると, いずれの条件も割れは顕著に認められた。伐木後日数, 乾燥スケジュールが割れに及ぼす影響を分散分析すると, それら両方とも割れに対しては有意性が認められなかった。すなわち, 今回の乾燥スケジュール, 伐木後日数の違いは, 割れに対する差はなく, 割れは顕著

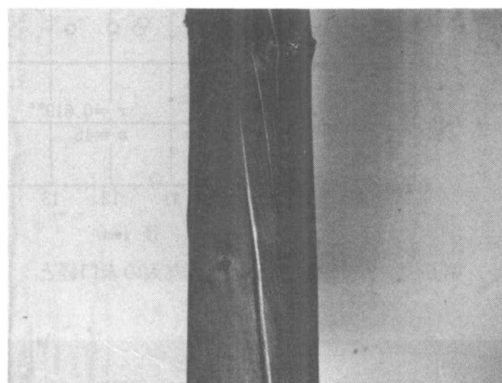
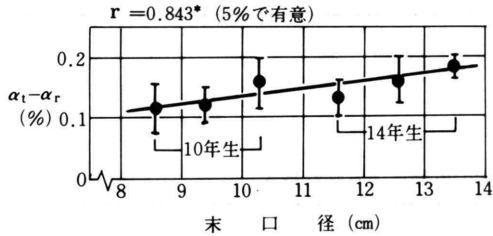


写真1 V字型の割れ

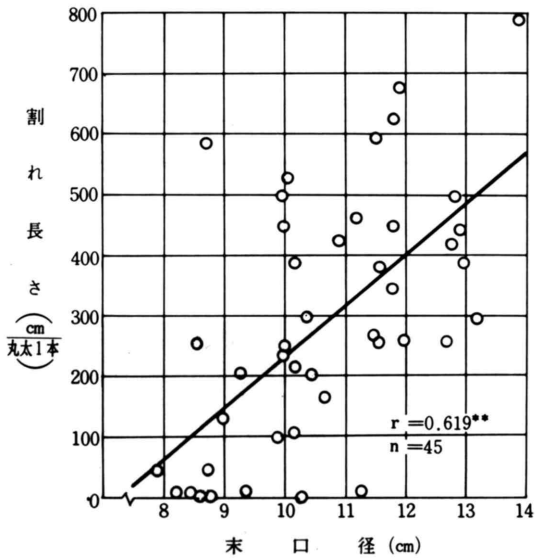
であった。

割れ長さについて10年生丸太と14年生丸太とを比較すると, 14年生丸太の方が割れは大きい結果を得た。乾燥に伴う割れの原因の1つに, 木材の収縮異方性に基づく接線方向の収縮率(t)と半径方向の収縮率(r)

の差 (t - r) の大小がある⁴⁾。すなわち (t - r) が大きいほど、接線方向に生じる横引張り応力が大きくなり、割れ易くなる。供試丸太の (t - r) と樹齢、および径級との関係を調べると、第4図のようになり、14年生丸太の方が大きく、また同一樹齢内では径級の大きい丸太の方が (t - r) は大きい傾向があった。そこで丸太径級と割れ長さとの関係を、供試丸太全数



第4図 カラマツCSF処理丸太の末口径と収縮異方差 (t - r)



第5図 カラマツCSF処理丸太の末口径と割れ長さの関係

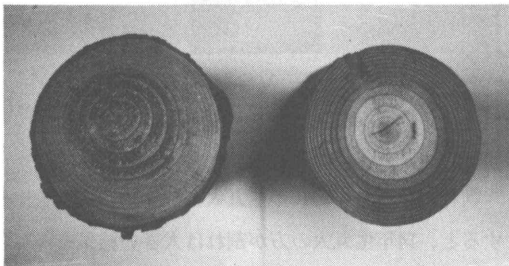


写真2 CSF処理丸太と無処理丸太の木口断面 (左: 無処理 . 右: CSF処理)

について図示すると、第5図のようになり、正の相関が認められ、径級の大きい丸太ほど割れの発生も大きくなっている。

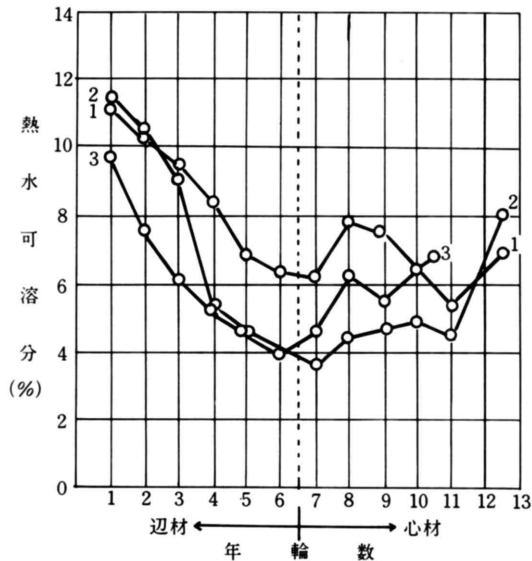
なお本試験中、割れの全く発生しなかった丸太は45本中7本で全体の16%であった。それらのほとんどは10年生丸太で、径級は10cm以下の丸太であった。

3.6 CSF処理丸太の熱水可溶分

本報告では伐木後日数を3つに分けたが、それらの違いによる丸太へのCSFの浸潤性の違いを確かめる目的でCSF処理材 (写真2) より木口円盤 (厚さ10mm) を採取し、半径方向の各年輪ごとに、熱水可溶分を調べた。すなわち、各年輪ごとに取り出した小片の全乾重量 (Wo) を求め、これを90℃の熱水中にて24時間浸せきした後、さらにこれを全乾にして全乾重量 (W0) を求め、熱水可溶分を (1) 式より求めた。

$$\text{熱水可溶分 (\%)} = (W_0 - W_0) / W_0 \times 100 \dots (1)$$

第6図にCSF処理を行うまでの伐木後日数の異なる各丸太の木口面半径方向における熱水可溶分の値を示した。図の横軸は1, 2, 3, ……の順に丸太最外部から丸太中心部へと移って行く位置を示し、年輪数と一致している。これを見ると、丸太最外部では熱水可



第6図 カラマツCSF処理丸太の半径方向の熱水可溶分

- 注) 1: 伐木後10日後にCSF処理
 2: " 20日後 "
 3: " 30日後 "

溶分の値が9.7~11.5%となっていて心材部(横軸6~13)に比べて相対的に高い値を示している。これは辺材部におけるCSF浸潤の多いことを示している。伐木後日数別に比較すると、9.7~11.5%という値は、ほぼ等しいと判断でき、伐木後日数の違いによってはCSF浸潤性の違いはないといえる。カラマツ(13年生)の温水可溶分の値を文献⁶⁾より引用すると、4.4%である。一方、熱水可溶分の心材部での値は平均値で5.7%であり、ほぼ等しいことからCSFは心材部へほとんど浸潤していないといえよう。

前節までに、伐木後日数の違いによる狂い、割れの発生との間には関係が認められなかったことを述べたが、熱水可溶分の値を見ても、伐木後日数の違いによる差が認められないことからCSF浸潤性は伐木後日数とは関係がなかったといえよう。このことは、原木を皮付きのまま処理することにも原因があると考えられる。

4. 結論

カラマツ小径丸太を用いて、割れ防止の目的で伐木後日数3条件、乾燥スケジュール2条件を適用し、人工乾燥試験を行った。仕上り含水率を10%として乾燥し、これら各条件の丸太乾燥に対する影響を検討した。以下に結果を要約する。

- (1) CSF処理は、伐木後経過日数を変えても、丸太の割れ、狂い防止に対して良好な効果は認められなかった。
- (2) CSF浸潤率は伐木後日数の違いによる差はなかった。

(3) 丸太の曲がりに対しては、低温低湿スケジュールの方が低温高湿スケジュールよりも効果が認められた。低温低湿スケジュールの場合、材長3.65m当たり、8.9~16.2mmであった。

(4) ねじれは、伐木後日数および、乾燥スケジュールの違いにかかわらず様に発生し、その大きさは10年生丸太で14.8度、14年生丸太では8.5度であり、10年生丸太の方が大きかった。

(5) 割れに対しては、伐木後日数、乾燥スケジュールのいずれも効果なく顕著に発生した。10年生丸太では丸太1本当たり191.4cm、14年生丸太では401.3cm発生した。言いかえると、径級の大きい丸太ほど割れは多くなる傾向がある。全く割れが無かった丸太は45本中7本で全体の16%であり、そのほとんどが10年生丸太で、径級は10cm以下のものであった。

文献

- 1) 奈良直哉ほか4名：林産試月報，376，13（1983）
- 2) 寺沢真・筒本卓造：木材の人工乾燥，18，日本木材加工技術協会（1981）
- 3) 滝沢忠昭ほか2名：林産試月報，357，7（1981）
- 4) 井坂三郎：材料，12，121，20（1963）
- 5) 日本木材学会北海道支部：北海道人工林材の材質と利用．22（1982）

- 木材部 乾燥科 -

(原稿受理 昭58.8.12)