

カラマツ材のヤニ滲出防止処理（第5報）

- 蒸煮 真空法（3） -

種田 健造 川上 英夫*
山科 創* 中野 隆人*

1. はじめに

過去一連の試験¹⁻⁷⁾により、蒸煮・真空(SV)処理法は、SH法とともに、よくヤニ滲出を防止する方法であることは既に明らかであるが、残された主な問題は、業界に推奨できる処理条件をよりの確につかむことと思われる。

本報では、そのような意図のもとに、SV処理効果を探り、残された課題と思われる立木樹幹内位置による影響、SV - 人工乾燥組み合わせ、といった点について検討した結果を報告する。

なお、本報告の概要は第28回日本木材学会大会において発表した。

2. 実験方法

2.1 供試材

供試材は本号登載の「カラマツ材の人工乾燥によるヤニ滲出防止」第1表(8頁)に記載されている美瑛町沼崎産大径材33年生10本及び倶知安町比羅夫産と同一のものを共に用い、これらの供試材からできるだけ数多い正板目板を得るように小幅板(断面寸法2.7×10.5cm)を挽材し供試材とした。供試材は記号、番号等により、立木、玉番、樹幹内位置を明らかにして実験を進めた。

2.2 処理装置

蒸煮には、主として函館ドックKK製蒸煮缶SP-1(装置D)を使用し、また、第2報の装置Aも一部の実験に使用した。装置Dは耐圧2kg/cm²、内径40cm、有効長さ1mの第1種圧力容器で、缶内の下部と左右両側に合計33本の間接加熱管を配し、底部に蒸気入口、ドレン出口、頂部に圧縮空気出入口を設けて、内容物の蒸煮、加温、加圧、減圧処理を連続して

実施できる装置であり、缶体は岩綿保温してある。

2.3 処理条件

美瑛町産の各立木No.1~10の9本(No.8欠)の1番玉を供試材として採材した小幅板を70cmに切断したのち、乾燥用棧木をはさめて7枚1組とし装置Dにより、第1表に示す諸条件で実験を行った。この実験は、蒸煮処理S2hr(1kg/cm²)、減圧処理V30分(300mmHg)、繰り返し3回を基準とし、S、Vの圧力、時間に変化を与え、またSを1hrにして、空気浴P(1kg/cm²)の付加を行い、更に、アミン類及びPEGの水溶液による蒸煮前の浸せき並びに人工乾燥(80℃, 3hr, 8hr) - (85℃, 7hr, 8hr) - (85℃, 20hr, 16hr) - (85℃, 6hr, 10hr)(乾球温度、乾湿球温度差、時間の順)による影響を調べたものである。

次いで、倶知安町産の供試材により、蒸煮圧力及び合計時間を一定(1kg/cm², 6hr)とした場合における蒸煮時間と減圧処理時間の変化と、それらの繰り返しを組合わせたS-Vパターンによる影響並びに蒸煮終了後の缶蓋開放時期(直後か、翌朝か)の影響などを調べるため第2表に示す実験を行った。

更に、樹幹内の樹高別、半径別の位置による処理特性を知るため、上述の美瑛町産立木3本、No.2, 9, 10の2番玉以上の供試材から採材した長さ35cmの小幅板を用い、装置AにてSV(1kg/cm², 1hr; 300mmHg, 30min)1回若しくは2回繰り返し処理した。各立木からの供試材枚数はそれぞれ68, 60, 76枚の計204枚で、装置Aへの仕込み枚数はSV1回処理54枚、同2回繰り返し処理48枚であり、それぞれ2回宛実験を行った。

以上の処理を終えた材は、無処理材も加えて1/2に

第1表 SV処理因子の寄与を調べる実験 (美瑛町産)

因子	実験 No.	処 理 条 件	ヤニ 渗 出 度			
			天然乾燥		人工乾燥	
			範 囲	平均	範 囲	平均
なし		無処理 (18枚)	8~9	8.9	0~8	3.3
繰返回数	1	S	0~4	3.3	0~3	0.5
	2	SVS	0~5	3.3	0~2	0.2
	3	SVSVS (SV基準条件)	0~5	2.7	0~3	0.5
加熱管	4	SVSVS (ヒーター蒸気 5.5kg/cm ²)	0~5	2.8	0~0	0
	5	SVSVS (ヒーターなし)	0~5	2.8	0~0	0
蒸気圧 蒸煮時間	6	SVSVS (S: 0 kg/cm ²)	4~7	5.6	0~4	1.3
	7	SVSVS (S: 前半のみ 0 kg/cm ²)	0~5	2.2	0~3	0.8
	8	SVSVS (S: 1hr)	0~5	2.9	0~3	0.4
真空度 真空処理時間	9	SVSVS (V: 150mmHg)	0~6	2.4	0~1	0.1
	10	SVSVS (V: 500mmHg)	0~5	3.3	0~2	0.1
	11	SVSVS (V: 10min)	0~4	1.3	0~1	0.1
空気浴	12	SVPV ₀ PV ₀ ×3 (SVSV基準条件)	0~5	2.9	0~2	0.1
	13	SVPV ₀ PV ₀ ×3 (S: 2hr)	0~5	2.2	0~3	0.6
薬液浸 せき前 処理	14	SVPV ₀ PV ₀ ×3 (TEA)	0~5	2.4	0~3	0.6
	15	SVPV ₀ PV ₀ ×3 (TPA)	0~5	2.4	0~0	0
	16	SVPV ₀ PV ₀ ×3 (TBA)	0~5	3.6	0~2	0.4
	17	SVPV ₀ PV ₀ ×3 (DPA)	0~5	3.8	0~0	0
	18	SVPV ₀ PV ₀ ×3 (DBA)	0~4	2.3	0~2	0.2
	19	SPVP ₀ PV ₀ ×3 (PEG1000)	0~3	1.3	0~0	0
	20	SVPV ⁰ PV ₀ ×3 (PEG1500)	0~5	3.7	0~0	0
	21	SVPV ₀ PV ₀ ×3 (PEG ³⁰⁰ ₁₅₀₀ +TEA)	0~5	2.4	0~4	0.6
	22	SVPV ₀ PV ₀ ×3 (EDA)	0~6	3.5	0~0	0

基準条件: SV (S = 1 kg/cm², 2 hr; V = 300mmHg, 30min)
 SVPV₀ (S = 1 kg/cm², 1 hr; V = 300mmHg, 30min; P = 1 kg/cm², 20min; V₀ = 300mmHg, 10min)

各実験の処理条件を示す因子のうち基準条件から変化させたものは表中のカッコ内に示した。各実験の処理枚数7枚、木表、木裏の両面を観察し、データ14個の平均である(ただし、無処理は18枚)。ヒーター蒸気圧は1kg/cm²。薬液浸せき条件は、濃度合計1%の液に常温で10日間。

TEA, TPA, TBA, DPA, DBA, PEG, EDAはそれぞれトリエチルアミン、トリプロピルアミン、トリブチルアミン、ジプロピルアミン、ジブチルアミン、ポリエチレングリコール、エチレンジアミン。

第2表 パターン、開蓋時の影響 (倶知安町産)

No.	処 理 条 件		ヤニ 渗 出 度			
	パ タ ー ン	開蓋	天然乾燥		人工乾燥	
			範 囲	平均	範 囲	平均
31	[S(1)-V(1/4)]×6	直 後	0~4	1.4	0~3	0.4
32	[S(2)-V(1/2)]×3	"	0~5	1.4	0~5	0.6
33	[S(2)-V(1/2)]×3	翌 朝	0~5	1.6	0~4	0.9
34	S(2)-[V(1/2)-S(2)]×2*	"	0~6	2.4	0~5	1.5
35	S(2)-[V(1/2)-S(2)]×2**	"	0~6	1.6	0~4	0.8
36	S(6)-V(1.5)	直 後	0~4	1.4	0~2	0.4
37	S(6)	"	0~5	2.4	0~3	0.9
38	S(6)*	翌 朝	0~5	1.2	0~5	1.1
39	S(6)**	"	0~5	2.0	0~3	0.6
—	無処理	—	6~9	8.3	0~5	3.0

()内は処理時間hrを示す。

*最終の蒸気をバージして密閉した。

**最終の蒸気を缶内にとどめたまま密閉した。

切断し、一方を棧積してヤニ渗出促進の暴露試験まで天然乾燥し、他方は前記の条件で人工乾燥した。美瑛町産処理材についてはカップを測定したのち、木表、木裏両面を鉋削し、既報同様の熱風暴露によるヤニ渗出促進、肉眼観察によるヤニ渗出度の評定を行った。なお、カップの測定は材長中央部の板幅9cmにおける中央矢高を1/100mmまで調べた。

3. 実験結果

3.1 ヤニ渗出度

(1) 蒸煮缶処理における各種実験要因の検討

実験結果は上記第1, 2表に示した。この実験に使用した装置Dは、これまで使用した他の蒸煮缶に較べ間接加熱面積が大きい(A = 2.2, B = 2.0, C = 0.6, D = 17m²/m³, 管厚さ, 熱伝導率から1/2" ガス管に換算)。この点を考慮して、第1表に掲げた実験では300mmHgを真空度の基準としたが、第2表ではこれまでの条件に近い1560mmHgを用いた。

処理枚数は上記のように各回7枚に限定されたが、本来木材は特性値にかなりのバラツキを示すもので、既報に於ても再三触れているところであり、その意味からこの枚数はそのバラツキを消去するほどの信頼を平均値に与えると期待できる数とは言えない(供試材枚数7枚、木表と木裏の観察でデータ数14、処理材の渗出度は天然乾燥材の場合0 - 5の範囲に納

まっているものが多く、人工乾燥材での平均範囲が0 - 1.5であることから、ここでの平均値には、それぞれ5/ 14 1.3, 1.5/ 14 0.4以上の差をもって処理効果の差異を感ずべきであろう)。しかし、これは装置の大きさ等から止むを得ないことで、平均ヤニ滲出度もいくばくかのバラツキをもって得られる結果となった。つまり、第1表において、SV等の処理が、ヤニ滲出防止に顕著な効果を与えることは明白ではあるが、繰り返し回数、真空、加熱処理には処理効果の明確な傾向が現れず、また、真空度の低い方、真空処理時間の短い方が良い結果を与えているなどはそのバラツキと判断される。

空気浴付加は若干の寄与をもたらしているようであるが、アミン類やPEGの水溶液による蒸煮前浸せき処理による寄与も不明と言えよう。本表に掲げた一連のSV処理で最も明らかなことは、SV処理のヤニ滲出防止効果が顕著であり、その後の人工乾燥を行うとほぼ完全な脱脂乾燥材が得られるということ、平均ヤニ滲出度はSV - 天然乾燥で3程度、SV - 人工乾燥で0.5~0.1の範囲が多い。ただし、常圧蒸気(ゲージ圧0)の処理材は、天然乾燥、人工乾燥ともに一連の加圧蒸煮(1kg/cm²)によるすべての条件に較べて明らかに不良で、蒸煮缶を使用して加圧蒸煮を行う意義は明りようである。

加圧蒸煮では2時間までに脱脂が急速に進み、あらかじめのヤニがとれ、その後は極めて徐々に進行するととどまるようで、また、真空、空気浴、繰り返し、薬液浸せき等の寄与もバラツキに打消されているところから、これらの組み合わせによるパターンのもたらす効果は比較的小さいと判断される。

第2表の実験は、最も大きい因子と思われる蒸煮の圧力と合計時間を1kg/cm²、6hrと固定しているためか、平均ヤニ滲出度には条件による傾向はつかめない。このことは蒸煮缶開蓋時期もまたパターン等と同様に重要な因子でないことを意味している。これを、第1表の蒸煮合計時間6hr処理の結果(No. 3, 4, 5, 9, 10, 11)と比較してみると、第2表の平均ヤニ滲出度は天然乾燥1.8, 人工乾燥0.8に対し、第1

表のそれはそれぞれ2.6, 0.1となっており、倶知安町産カラマツはSVでの脱脂が比較的容易なのに対し、人工乾燥によるヤニ滲出防止効果が小さいことを意味している。

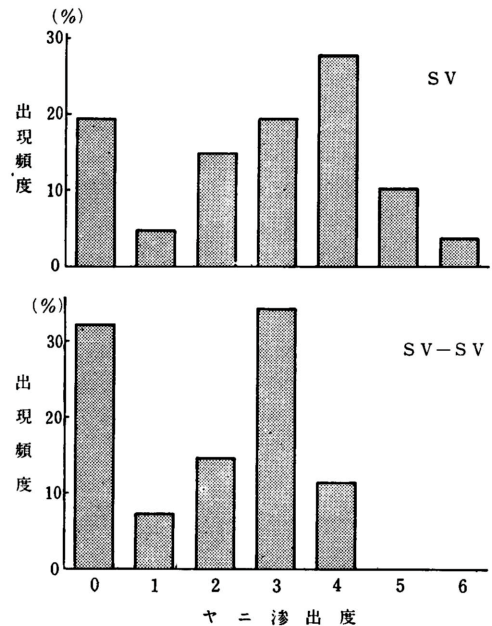
(2) 樹高、半径方向及び立木別の脱脂難易特性

処理条件別に、各立木の平均ヤニ滲出度を第3表、ヤニ滲出度の出現頻度を第1図にそれぞれ示した。第1図は、供試材の脱脂難易性が同一供試木のなかでもある種の広がりをもっていることを意味している。次いで、これら平均ヤニ滲出度を供試木別に樹高及び半径方向に従ってまとめ第2図を得た。この図から、供試材の樹幹内における部位が高くなるほど平均ヤニ滲出度が小さくなり、したがって脱脂されやすい特性をもち、半径方向では樹心から周囲に向うほど脱脂されづらい傾向をもつことがそれぞれ示されている。

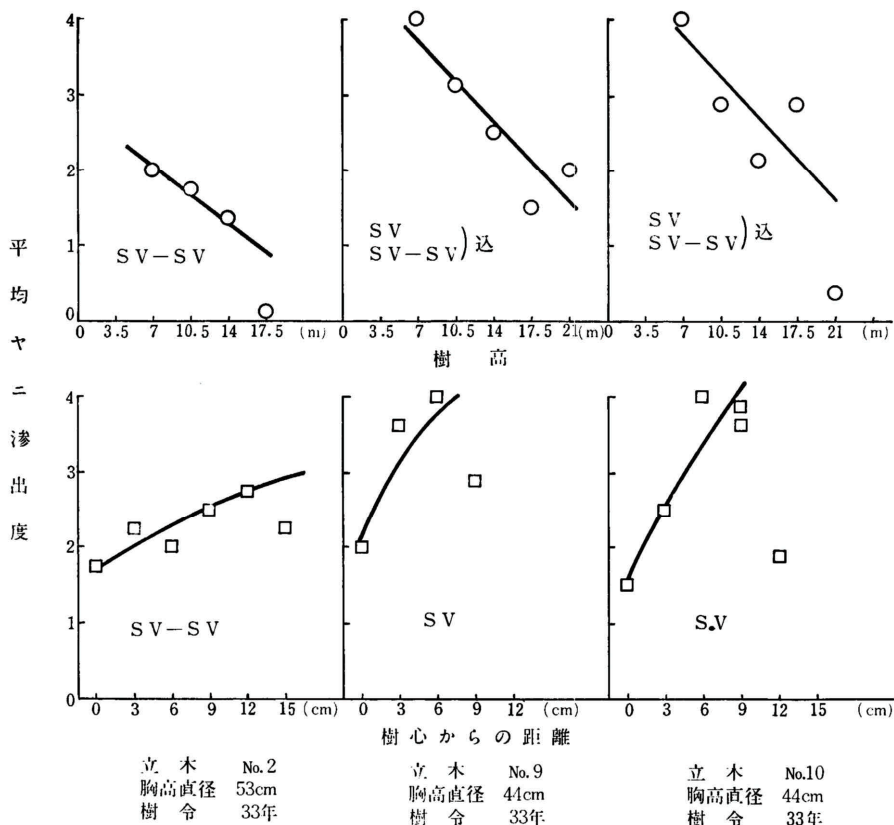
第3表 2番玉以上の処理材の平均ヤニ滲出度

立木No.	処 理		SV SV
	S	V	
2		3.0	1.8
9		2.7	2.3
10		2.8	1.8

S : 1 kg/cm², 1 hr
V : 300mmHg, 1/2hr



第1図 処理材のヤニ滲出状況



第2図 樹高、半径方向による脱脂難易性

る。樹高及び半径方向における処理材のこれらの傾向は、材の脱脂難易性に関する特性ではなく、もともと樹幹内に含まれる樹脂分の分布に基因することも考えられるので、無処理材についてもこれらの方向に関するヤニ滲出状況を調べたが、樹心近辺と辺材部にヤニ滲出が少ない場合がしばしみられたものの、中間の部分では8、9の滲出度を示すものがほとんどで、明確な傾向を認めることはできなかった。なお、第3表の実験は第1表の実験No. 8 と同じSV (1 - 1/2hr) の組合わせであるが、これらを比較すると、繰り返し回数が少ないにもかかわらず第3表に示した値が低い平均ヤニ滲出度となっている。これは、脱脂難易性の部位高さに伴う上記の傾向が、最も低い位置の一番玉からの供試材にも延長して現れていることを意味している。

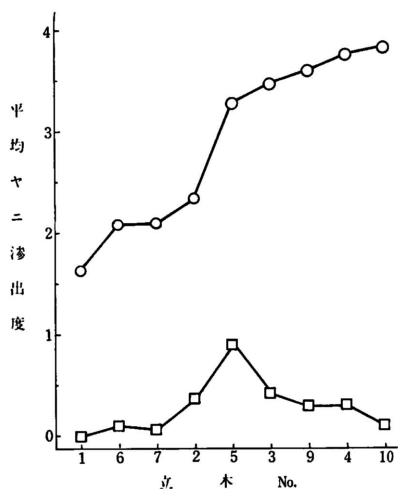
なお、第2図のなかに、描いた曲線からかけ離れた

点があるのを樹高及び半径方向の双方のなかに認められる。これは、ともに辺材を多く含む供試材の場合であって、辺材では液体の浸透性が大きいため、一たん滲出したヤニが、材内に滲み込んで不明りょうとなり、肉眼観察によるヤニ滲出度の判定が低くなされる結果と思われる。

次いで、一番玉供試木よりの処理材のヤニ滲出度を立木別に平均値を求めて第3図に示した。これはSV - 天然乾燥処理材に関して平均ヤニ滲出度の小さくなったものから順にならべた。また、同じく、SV - 人工乾燥についての平均値も記入したが、これは中央部に位置するNo. 5が頂となった山形をしており、SV - 天然乾燥とは順位が大きく異なっており、脱脂難易性は処理の違いによって変化することを意味している。

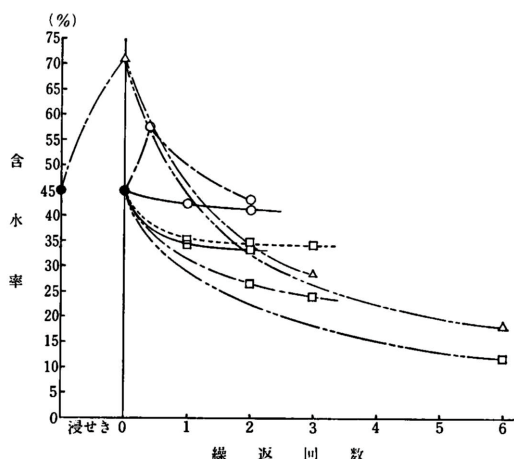
3.2 含水率変化

第4図に、浸せき、蒸煮、真空、空気浴等の蒸煮缶



第3図 SV-天然乾燥, SV-人工乾燥処理における立木別の脱脂難易性の傾向

○— SV-天然乾燥
 □— SV-人工乾燥



符号	パターン	開蓋
○—	[SV] (1-1/2)	直後
□—	"	翌朝
○- - -	S[VS]* (2-1/2-2)	"
□- - -	[SVPVPV] (1-1/2-1/3-1/6-1/3-1/6)	"
△- - -	浸漬処理材の同上処理	"
○- - -	同上処理 (初回煮沸せず煮沸)	"
□- - -	[SVPVPVPV] (1-1/4-1/4-1/6-1/4-1/6-1/4-1/6)	"
△- - -	浸漬前処理材の同上処理	"

蒸気圧 1 kg/cm², () 内はhr, □は繰返部分, *初回はSのみ

第4図 SV処理系の含水率変化

使用を主とするSV処理系における供試材の含水率変化をまとめた。これらは数~十数枚の平均値を初期生材含水率45%に換算して示してある。SV処理では、含水率の減少は少なく、処理後、次の朝まで密閉したまま缶を冷却してから開蓋すると10%余の含水率減少となっている。これは、冷却途次、材より蒸発した蒸気が缶内壁に凝縮し、放冷中に缶内が減圧になり、材内からの材外への水分移動が促進されることによる。

空気浴が加わったパターンになると含水率の低下も比較的順調となり、繰返し6回で12%にまで低下し、ほぼ気乾材程度の含水率を得るに至った。浸せき(常温液中)及び煮沸(液中加熱加圧)ではそれぞれ26%、13%の含水率増加がみられるが、この増加分は、その後のSVPV処理により速く減少するようである。最も乾燥の進んだ場合について、供試材の缶内位置による含水率の分布を調べると、相当のパラツキが認められるので、この処理をカラマツの人工乾燥をかねた脱脂技術とするためには、缶内の熱風循環や調湿などの必要な配慮を加えねばならない。

3.3 SV処理のカップへの影響

本実験のSV, 天然乾燥及び人工乾燥等の処理はすべて圧縮など強制的な拘束を与えずに実施したので、狂い、ねじれ、曲がり等の発生は抑制されていない。カップ測定時の含水率は天然乾燥材15.1~18.6%, 人工乾燥材10.1~12.8%, SV-天然乾燥材12.0~17.9%及びSV-人工乾燥材8.3~12.1%であり、処理条件間ではもちろんのこと、同一処理条件内でもかなりのパラツキをみたことから、実測したカップに次の式による補正を加え、含水率15%に相当するカップ補正值を考えた。この補正式は、含水率の減少による木材の収縮率が、接線、半径及び繊維の3方向ともほぼ36%の含水率を起点とする直線により含水率の減少とともに増大することが示されている⁸⁾ことから、カップが含水率の変化に伴う木材の収縮率に比例するとして得たものである。その平均を第4表に示す。

$$\text{カップ補正值} = (\text{実測値}) \times \frac{21}{(36 - \text{実測時含水率})}$$

第4表 SV処理のカップへの影響

処 理	試 片 数	測 定 数	カ ッ プ	変 動 係 数	処 理	試 片 数	測 定 数	カ ッ プ	変 動 係 数
天乾	20	40	0.48	44%	SV - 天乾	154	308	0.47	57%
人乾	20	40	0.78	24%	SV - 人乾	154	308	0.58	46%

カップの単位はmm/9cmで含水率15%の場合に補正した平均値
変動係数は信頼限界95%のもの

この表から、天然乾燥とSV - 天然乾燥ではほとんど差がないが、人工乾燥とSV - 人工乾燥では明らかな有意差があり、SV処理がカップの減少に寄与することを示した。

4. むすび

1) 小型の蒸煮缶を用い、SV処理により脱脂することを主体とする実験を行った。

2) 平均ヤニ滲出度9の無処理の供試材がSV処理(基準条件1kg/cm², 1hr; 300mmHg, 30min)により、平均約3に、その後の人工乾燥(85, 42hr)により平均0.5~0.1の範囲に低下し、脱脂の進行は極めて良好であった。

3) 蒸煮圧、蒸煮時間、真空度、真空時間、空気浴圧、空気浴時間等の処理因子を1因子ずつ変えた場合及び処理の繰り返し回数とアミン類、PEG水溶液中への蒸煮前の浸せきによる影響を調べたが、個々の処理材のヤニ滲出度が相当広い範囲でバラツキを示した。

4) ただし、蒸煮圧が常圧と加圧(1kg/cm²)では明らかに相違があり、常圧では処理材の脱脂効果が格段と劣ることから加圧蒸煮の意義が極めて明白となった。

5) つまり、蒸煮圧以外の因子は、これを多少変化させてパターンの変更を試みても、あまり意味がないように思われる。

6) 美瑛町産に較べて倶知安町産材はSVでの脱脂が比較的順調なのに対し、その後の人工乾燥によるヤニ滲出度の低下は小さく、脱脂特性に差が感じられる。

7) 1kg/cm², 2hrの蒸煮であらかたのヤニがと

れその後の脱脂は極めて徐々に進行する。しかし、この最初の2hrによる効果は、既報の個体差に関する検討からも分かるように、素材個々によりかなり変動を示すものと理解しなければならない。

8) 供試材の樹幹内における部位が高いほど、また、半径方向では樹心に近いほど処理材のヤニ滲出度が低い値を示した。ただし、辺材部は浸透性が大きいためか、この傾向から外れる小さい値であった。

9) SV処理材のヤニ滲出度の立木別平均値の順位とSV - 人工乾燥材のそれとの間には相違がみられた。

10) SV処理直後では含水率の減少は微々たるものであるが、処理後缶の開蓋を缶冷却後にすれば、10%ほど低下した。また、空気浴を加えたSVPV処理では、気乾材程度にまで乾燥した材を得たが、缶内における位置によるバラツキが大きく、SV処理を人工乾燥を含む技術にまで発展させるには、熱風循環や缶内調湿などの配慮を必要としよう。

11) 処理材のカップはSV - 天然乾燥では無処理天然乾燥と差はなく、SV - 人工乾燥と無処理人工乾燥には差があり、SV処理によるカップの減少への寄与が認められた。

12) カラマツ素材間に大きな個体差がある以上、処理時間の固定した値は示し得ないが、1kg/cm²の加圧蒸気による1~数時間程度の蒸煮を人工乾燥の前処理として与えると、ほぼ満足のいく脱脂材を得ることができる。

文 献

- 1) 種田ら：本誌，10月(1975)
- 2) 大山ら：本誌，6月(1976)
- 3) 種田ら：本誌，11月(1976)
- 4) 種田ら：本誌，6月(1977)
- 5) 大山ら：本誌，8月(1977)
- 6) 大山ら：本誌，9月(1977)
- 7) 中野ら：本誌，6月(1978)
- 8) 満久崇隆：木材の乾燥，37，森北出版(1977)

- 特別研究員 -
- 林産化学部 木材化学科 -
(原稿受理 昭53.10.18)