

木材中の水分を利用した水熱処理による圧縮変形の永久固定*

井上雅文**, 門河倫子***, 西尾治郎***, 則元 京**

Permanent Fixation of Compressive Deformation by Hygro-thermal Treatment Using Moisture in Wood*

Masafumi INOUE**, Noriko KADOKAWA***, Jiro NISHIO***
and Misato NORIMOTO**

(平成5年7月31日受理)

We developed a new process to permanently fix the compressive deformation of wood, in which the hygro-thermal treatment using moisture in wood in a closed system was applied. Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) specimens were compressed in radial direction and heated in the hotpress equipped with airtight seal of a silicone sheet. After the treatment, the specimens were rapidly quenched in the press.

The recovery of the compression set after boiling in water decreased with increasing of heating time and temperature. The fixation of the set was achieved when the specimens of 17% moisture content were compressed over 8 minutes at 180 °C. However, the effect of the treatment on the fixation could not be observed for the dry specimen, so that it is clear that the moisture in wood acted on the fixation of the deformation.

* 本報の内容は、第43回日本木材学会大会 (1993年8月, 盛岡) において発表した。

** 物性制御分野 (Laboratory of Property Enhancement)

*** 永大産業株式会社 (EIDAI Co., LTD, Osaka)

Keywords: Compressed wood, Permanent fixation, Hygro-thermal treatment, Closed system, Moisture.

概 要

木材の横圧縮変形を永久に固定するため、木材が含有する水分に着目した新しい加工法を開発した。これは、ホットプレスで木材を横圧縮、加熱処理する際に、試験片の周囲をシリコンゴムを用いて密閉し、木材中に水分を閉じこめて行う水熱処理である。含水率約17%、放射方向の厚さ10~25mmのスギ試験片に約50%の変形を与えた場合、180℃以上の水熱処理によって、顕著な回復抑制効果が現れた。180℃の加熱では、8分間以上の処理によって、変形はほぼ永久固定され、従来の高温高圧水蒸気処理と同等の回復抑制効果が得られた。全乾状態の試験片では、処理の効果が認められなかったため、本処理に水分が影響していることが明かであった。

1. はじめに

軟質である針葉樹材を住宅内装用や家具などの材料に利用するには表面性能が問題となる¹⁾。これを改善するには、木材を繊維と直角方向に圧縮大変形させることが有効である。しかし、ドラインセットによって固定された変形は、水分と熱の作用でほぼ元の寸法に回復することが知られている²⁻⁴⁾。したがって、圧縮木材を利用するには、変形を永久に固定することが重要な課題となる。

著者らは、現在までに、低分子量のフェノール¹⁾およびメラミン樹脂含浸⁵⁻⁶⁾硬化処理、アセチル化処理⁷⁾、ホルムアルデヒド処理⁸⁾、熱処理⁹⁾、水蒸気処理¹⁰⁾によって木材の横圧縮変形の永久固定を試み、有効な結果を得ている。しかし、最近、環境保全やリサイクルに関する認識が高まりつつあり、地球環境に与える負荷が少なく、人体や作業環境へ悪い影響を及ぼすことのない、熱処理や水蒸気処理などの薬剤を使用しない処理が期待されている。

表1 熱処理および高温高圧水蒸気処理の特徴

	熱処理	高圧水蒸気処理
圧縮変形の永久固定 (温度, 時間) *1	180℃, 20時間 200℃, 5時間	180℃, 10分間 200℃, 1分間
強度性能(Δ MOE, MOR) *2	-5%, -36%	-7%, -5%
材色変化(ΔE^*) *2	29%	12%
被処理材の寸法制限	制限を受けない	制限を受ける
処理の均一性	ほぼ均一	均一となり難い
処理の簡便さ	従来のホットプレス機を利用できる	装置, 操作が複雑 管理が困難である

注) Δ MOE, MOR: 曲げヤング率、曲げ強さの変化、 ΔE^* : 色差

*1: 煮沸してもほぼ寸法変化が認められない処理条件

*2: 無処理材に対する割合

これらの処理について、現在までに得られた結果の概略を表1に示す。水蒸気処理では、熱処理に比べ、短時間で変形の回復抑制効果が発現し、処理による強度的性質や材色の変化は小さい。しかし、反応装置が高価で、その操作、管理が複雑である。また、木材中に外部から水蒸気を供給するため、被処理材の寸法に制限が生じ、均一な処理が困難となる。一方、熱処理では、長時間の処理が必要となり、処理による強度的

性質の低下，材色変化が甚だしい。

そこで，本報告では，木材が含有する水分に着目し，ホットプレス機を用いた簡便な処理によって，短時間で均一に圧縮変形を永久固定する新しい加工方法を提案する。

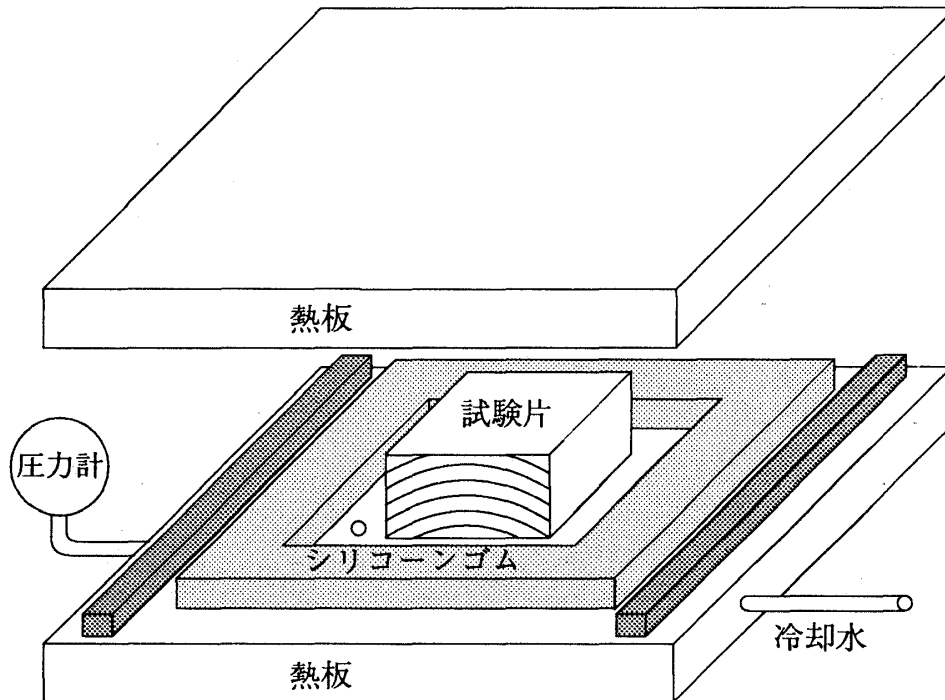
2. 実験方法

2.1 木材試験片

木材試験片には，スギ(*Cryptomeria japonica* D.Don) 辺材を用いた。その気乾比重および平均年輪幅は，それぞれ0.35，3.16mmであった。試験片寸法は，20mm(繊維方向，L)×20mm(接線方向，T)×10～25mm(放射方向，R)，サンプル数は各条件について6個とした。被処理材の含水率は，全乾から20%の範囲で数段階に調整した。

2.2 処理方法

周囲にシリコンゴムシートを設置したホットプレス機(あらかじめ処理温度に加熱)を用いて，試験片を圧縮，加熱処理した(第1図)。シリコンゴムには，中央部に試験片寸法の穴をあけたタイガースポリマー社製シリコンゴムシート(250℃耐熱，寸法: 60mm×60mm×8mm)を用いた。処理材の厚さ方向の仕上がり寸法が5mmとなるようにディスタンスバーを設置した。圧縮セット量⁴⁾は，被処理材の厚さ方向の寸法を調製して，20，30，40，50，60，70，80%となるようにした。加熱温度は，120，140，160，180，200，220℃，加熱時間(変形終了後から冷却開始までの時間)は，1，2，4，8，12，16分間とした。加熱後，直ちに，流水によって熱板を60℃付近まで強制冷却し，試験片を取り出した。強制冷却には約8分間を要した。



第1図 木材中の水分を利用した水熱処理の装置

2.3 吸水、煮沸による変形の回復試験

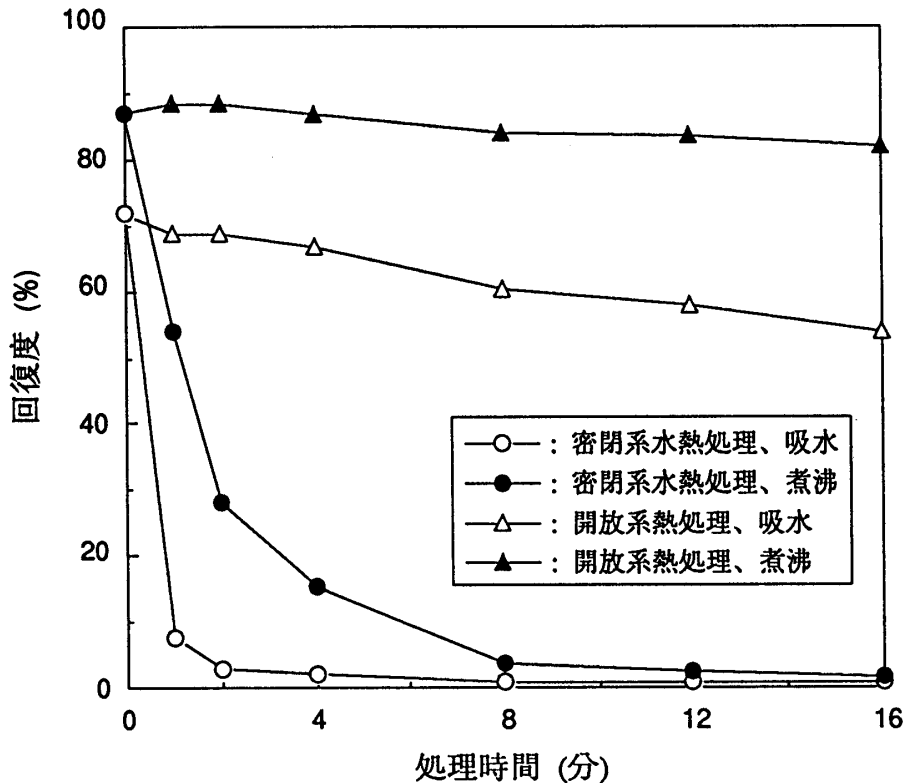
20℃の水中に浸漬して、1時間減圧した後、常圧に戻し5時間水中に放置して吸水試験片を得た。また、吸水後の試験片を98℃の熱水中で1時間煮沸して、煮沸試験片を得た。乾燥は、室温で風乾の後、40℃で20時間、105℃で4時間、乾燥器中で熱風乾燥して行った。回復度は次式によって計算した。

$$\text{回復度} = \frac{l_R - l_C}{l_0 - l_C} \times 100 \quad (\%)$$

ここで、 l_0 、 l_C 、 l_R は、それぞれ処理前、圧縮処理後、回復処理後のR方向の全乾寸法を示す。

3. 結果および考察

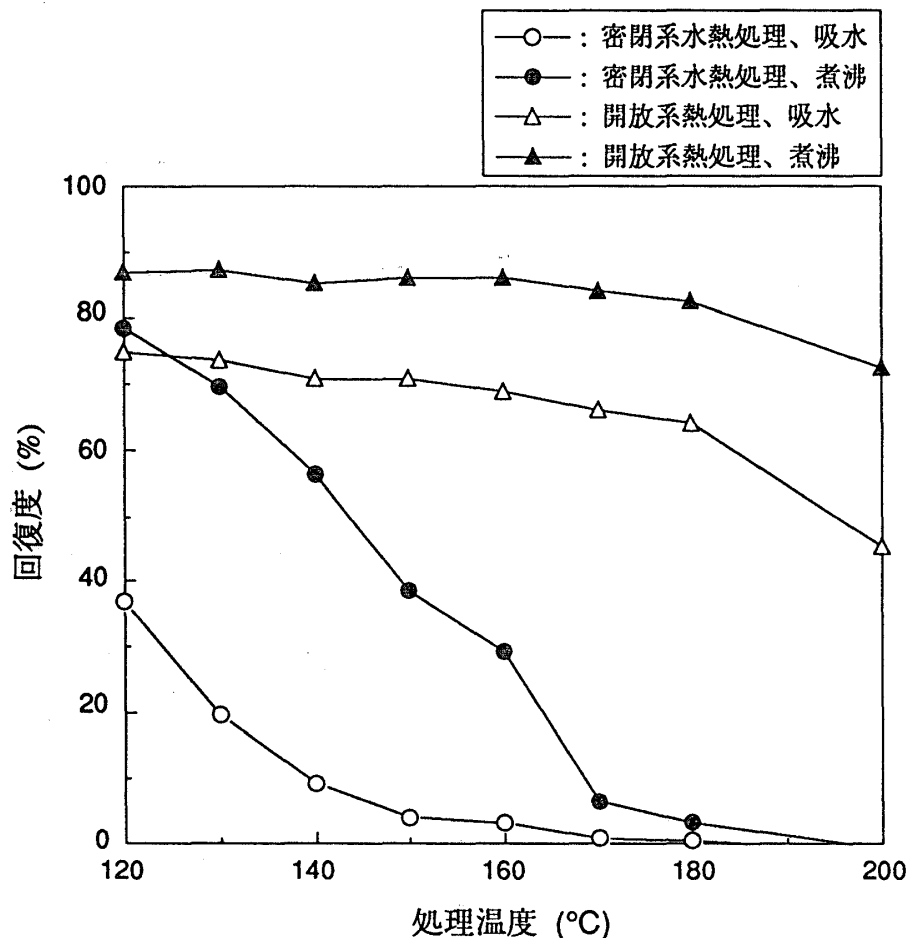
第1図に示すように、熱板を用いて試験片を加熱、圧縮するが、その際、同時にシリコンゴムが圧縮され、プレスは密閉される。加熱によって木材中に含有されていた水分の一部は水蒸気となりプレス内に閉じこめられる。空気の圧縮と熱膨張、水分の気化によって、プレス内の圧力は上昇する。この時、一部の水分は、木材中に残存し、膨潤状態の木材を100℃を越える高温で加熱処理することが可能となる。加熱終了後、冷却して木材内部の圧力を低下させて、試験片を取り出す。本実験では、冷却時間を短縮するため、流水による強制冷却を行ったが、予備実験の結果によると、60～80℃以下の温度で試験片を取り出すことが望ましい。この温度は、木材の膨潤状態での軟化温度に一致する。



第2図 熱処理した圧縮木材の吸水、煮沸による回復と処理時間の関係
初期含水率：17%，加熱温度：180℃，圧縮セット量：50%

処理温度が220℃では、試験片の接線方向に著しい異常収縮が観察された。これは、木材細胞壁がプレス内圧力に耐えきれず、落ち込みを起こしたものと推察される。また、セット量が約80%以上では、試験片の繊維方向に沿って若干の割れが観察された。試験片の木口断面を観察すると、破壊は主に放射方向に発生していた。この場合、細胞内こうが消失する時のセット量を越えて変形したため、圧縮方向と直角方向のひずみが著しく増大し、細胞間層が剥離したためと考えられる⁴⁾。セット量が80%以下の試験片では、巨視的な破壊は認められなかった。

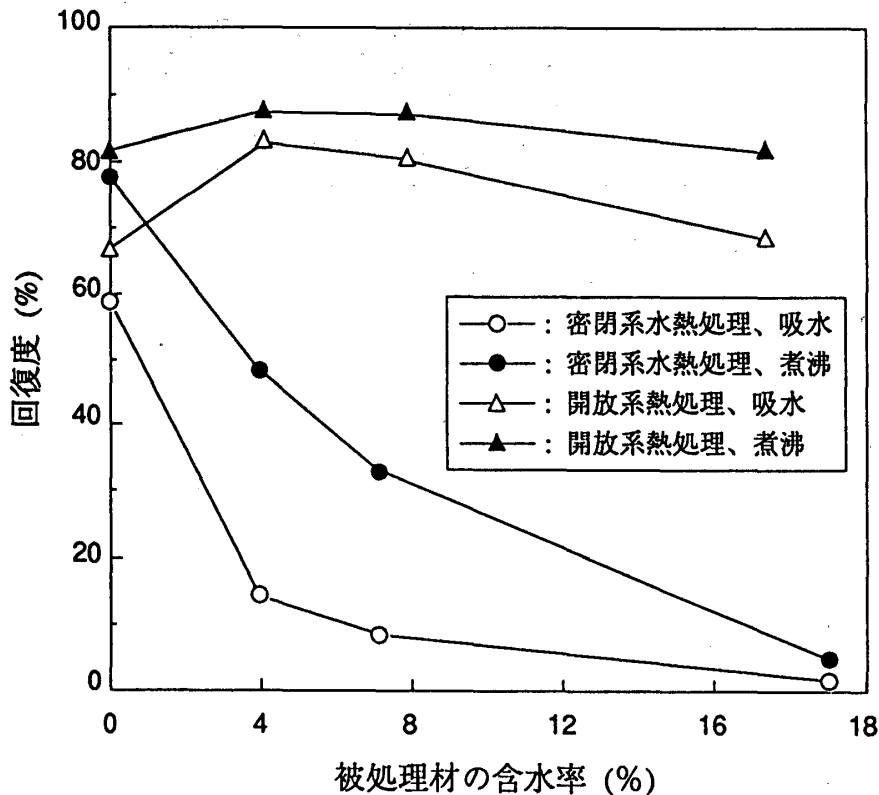
第2図は、含水率が17%の試験片を180℃でセット量が約50%になるように圧縮、加熱処理したセット材を吸水、煮沸した場合の回復度と処理時間の関係を示す。○、●印は、シリコンゴムを設置して行った水熱処理、△、▲印は、従来の熱処理による結果を示す。また、黒印は煮沸、白印は吸水による回復処理をそれぞれ示す。無処理セット材の吸水および煮沸による回復度は、それぞれ約73%、86%であった。従来の熱処理では、加熱時間の増加に伴う回復度の低下は僅かである。16分間加熱処理した試験片でも、煮沸によって変形の80%以上が回復した。前報⁹⁾において、180℃の熱処理では、変形を永久固定するために約20時間の加熱が必要であった。それに対し、シリコンゴムを設置した処理では、吸水回復で約2分間、煮沸回



第3図 熱処理および水熱処理した圧縮木材の吸水、煮沸による回復と処理温度の関係
初期含水率：17%、加熱時間：8分間、圧縮セット量：50%

復で約8分間以上の加熱処理によって、変形がほぼ固定された。これらは、従来の高温高压水蒸気処理に匹敵する回復抑制効果である。

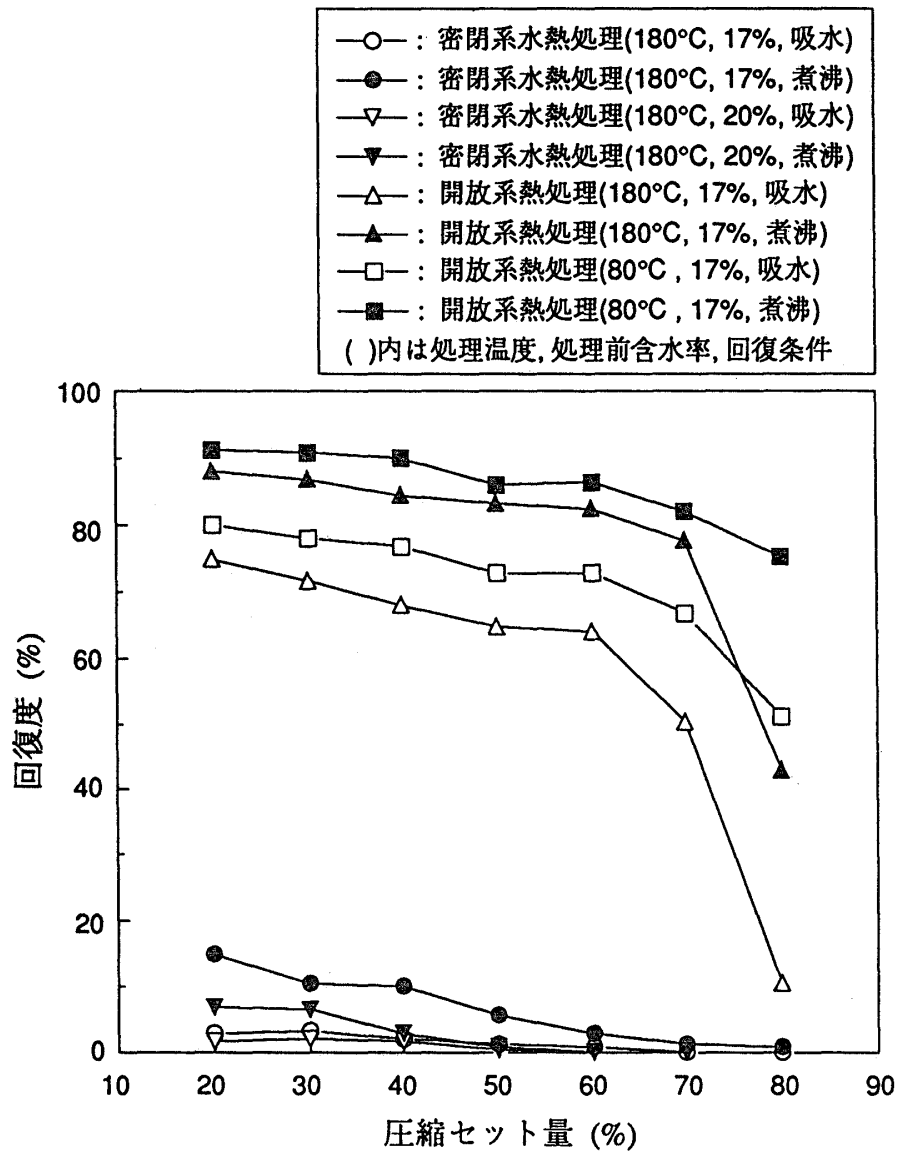
第3図は、8分間処理したセット材（セット量：約50%）の吸水，煮沸による変形の回復と加熱温度の関係を示している。熱処理では、加熱温度の増加とともに若干回復度が低下したが、その変化量は小さかった。一方、水熱処理では、加熱温度の増加に従い、回復度は顕著に低下した。吸水回復では160℃，煮沸回復では180℃以上の加熱処理で、変形はほぼ完全に固定された。



第4図 熱処理および水熱処理した圧縮木材の吸水，煮沸による回復と被処理材の含水率の関係
加熱温度：180℃，加熱時間：8分間

以上、シリコンゴムによるシールの有無によって回復度に大きな差が生じていることは明かである。第4図は、被処理材の含水率が回復度に及ぼす影響を示している。加熱温度，時間，セット量は、それぞれ180℃，8分間，約50%である。熱処理では、回復度は被処理材の含水率にあまり影響を受けず，煮沸した場合のそれは、ほぼ80～90%であった。含水率0%の試験片で回復度が低いのは、軟化していない状態で変形が与えられた脆性破壊に起因するものであろう。一方、シリコンゴムを設置した水熱処理において、被処理材の含水率が0%では、処理の効果が認められず，熱処理とほぼ同程度の回復度を示した。しかし，被処理材の含水率の増加に従い，回復度は順次低下し，17%以上で変形はほぼ固定された。従って，シリコンゴムの設置によってプレス内に閉じこめられた水分が，回復抑制に影響を及ぼしていることは明かである。

第5図は，煮沸による変形の回復とセット量の関係を示す。□，△は，熱処理で，含水率が17%の試験片をそれぞれ80，180℃で加熱した場合，○，▽は，水熱処理で，含水率がそれぞれ約17，20%の試験片を180



第5図 熱処理および水熱処理した圧縮木材の吸水, 煮沸による回復と圧縮セット量の関係
加熱時間: 8分間

°Cで加熱した場合の結果を示す。処理時間はすべて8分間であった。熱処理では、セット量が70%までの範囲では、回復度の変化は極めて小さく、180°Cと80°C加熱の差は僅かであった。セット量が80%を越えた試験片では、回復度が大きく低下したが、これは、圧密化限度を越えたために生じた破壊によるものである。一方、シリコンゴムを設置して行った水熱処理では、被処理材の含水率が約17, 20%で、それぞれセット量が約50, 40%以上で、変形はほぼ固定された。セット量が低下するに従い、回復度が若干増加した。本実験では、仕上がり寸法を一定とし、被処理材の寸法を変化させてセット量を変えたため、セット量の小さな

井上・門河・西尾・則元：木材中の水分を利用した水熱処理による圧縮変形の永久固定

試験片では、含有水分量が少なくなり、十分な処理が行えなかったものと推察される。ただし、セット量が増加するに従い、変形の回復量は増加した。

以上、ホットプレスを用いた簡便な処理によって、高温高压水蒸気処理と同程度の回復抑制効果を得られた。なお、処理の均一性や強度的性質、材色の変化については次報で詳述する。

文 献

- 1) 井上雅文, 則元 京, 大塚康史, 山田 正: 木材学会誌, 37, 227-223 (1991)
- 2) 有馬孝礼: 木材工業, 33, 13-17 (1978)
- 3) 飯田生穂, 則元 京: 木材学会誌, 33, 929-933 (1987)
- 4) 井上雅文, 青木 務, 額川五郎: 木材研究・資料, No. 28, 59-71 (1992)
- 5) 井上雅文; 尾形重行; 西川昌信; 大塚康史; 川井秀一; 則元 京; 木材学会誌, 39, 181-189 (1993)
- 6) M.Inoue, ; S.Ogata, ; S.Kawai, ; R.M.Rowell, ; M.Norimoto, : *Wood and Fiber Sci.*, "Fixation of Compressed Wood Using Melamine-formaldehyde Resin", to be published
- 7) M.Inoue, ; T.Morooka, ; M.Norimoto, ; R.M.Rowell, ; G.Egawa, : *FRI Bulletin*, No. 176, 181-189 (1991)
- 8) 井上雅文; 湊 和也; 則元 京; "架橋による圧縮変形の永久固定", 木材学会誌, 投稿中
- 9) 井上雅文; 則元 京: 木材研究・資料, No. 27, 31-40 (1991)
- 10) M.Inoue, ; M.Norimoto, ; M.Tanahashi, ; R.M.Rowell, ; *Wood and Fiber Sci.*, 25, 224-235 (1993)