

【研究報告】

支柱・杭木等の防腐処理技術の開発

(県単課題 平成16～18年度)

高信 則男  
水野 俊一

目 次

要 旨	
はじめに	36
試験方法	36
1 材長別防腐剤注入試験	36
2 前処理別防腐剤注入試験	37
3 インサイジングと部分圧縮処理による防腐剤注入量増加手法の検討	38
結果と考察	40
1 材長別防腐剤注入試験	40
2 前処理別防腐剤注入試験	40
3 インサイジングと部分圧縮処理による防腐剤注入量増加手法の検討	40
おわりに	42
引用文献	43

要 旨

環境負荷の低減や間伐材の有効利用の観点から、木製資材の利用促進が求められている。このため、土木用資材として耐久性に優れ、かつ環境にも配慮した木製支柱を開発し、県産間伐材の需要拡大を図ることを目的とした。

まず、杭材等の耐久性能を向上させるためには、必要量の防腐剤の注入量を確保しなければならないため、県産スギ、カラマツ材の注入性を調査した。円柱加工材(直径10cm)を用いた材長別防腐剤注入試験における注入量の平均値は、スギ材においては材長150cm以下の条件で200kg/m<sup>3</sup>以上の注入量を得たが、カラマツ材では材長50cmにおいても、70kg/m<sup>3</sup>程度の注入量しか得られず、材長を短くしても、注入量を増加させることは困難であることが分かった。そこで、カラマツ材の注入量を増加させるために、いくつかの前処理方法を試みたところ、インサイジング処理で最も注入量が増加し、無処理材と比較し1.9倍の注入量を得られた。さらにインサイジング処理後に平板プレスを用いた部分圧縮処理を試みた結果、8mm圧縮材で142.1kg/m<sup>3</sup>と無処理材の約2.4倍の注入量を得られた。また、注入後の浸潤長を測定したところ、無処理材では材縁部から1mm程度の浸透であり、インサイジング処理材では刺傷部付近のみの浸透であったが、インサイジング後に8mm圧縮し

受付日 平成19年 9月25日

受理日 平成19年12月19日

南会津農林事務所

た材では材縁部から最長11mm程度まで防腐剤が浸透していた。マイクロスコープを用いて観察した結果では、圧縮処理を行った材ではインサイジング部からR方向（半径方向）およびT方向（年輪に沿った接線方向）に防腐剤の浸透が広がっていることを確認した。さらに、圧縮処理による強度性能への影響を確認するため、曲げ強度試験を行った結果、最大荷重は無処理材と比べて8mmの圧縮材では平均値で9%程度の減少とやや強度値は低下する傾向にあったが、両者に有意差は認められなかった。

以上のことから、カラマツ材の防腐剤注入量を増加させるために、インサイジング処理と平板プレスによる圧縮処理を併用した複合処理が効果的であると考えられた。

## はじめに

県内の民有人工林の8割は間伐が必要な森林<sup>1)</sup>であり、計画的な間伐の推進が求められている。間伐を推進するためには間伐材の利用促進を図ることが必要であるが、現状では比較的安定した需要が見込める土木用資材等への活用が主なものとなっている。

木材を野外で使用する場合、腐朽による劣化が問題となるため、長期間の耐用年数が要求されるものによっては木材防腐剤を加圧注入するなどの防腐処理が行われている。しかし、難注入性の材では、必要とする量の薬剤を含まないことがある。これらの材の注入性が低くなる原因は、心材部で閉鎖した壁孔が多く、しかも壁孔隙内や細胞内腔表面が心材成分で覆われているため、隣接細胞間での流動が妨げられ、薬液の浸透性が悪くなると考えられている<sup>2-6)</sup>。こうした原因を物理的、化学的な方法で取り除いたり緩和したりする試みが数多く報告<sup>7-9)</sup>されているが、小試験体レベルの試験がほとんどであり、実大材での試験例は少ない。

そのため、本研究では県内で広く杭材等として使用されているスギ・カラマツ円柱加工材を対象とし、使用用途により材長が決められることから、まず、材長毎の薬剤注入性を確認するとともに、難注入性のカラマツ円柱加工材について薬剤の注入性を向上させる方法を検討した。また、それに伴う強度性能への影響についても併せて調査した。

なお、今回の試験では、最近、使用量が増加しており、木材防腐剤として比較的環境に優しいとされているAAC系防腐剤（DDAC1%溶液）を使用した（以下防腐剤）。

## 試験方法

### 1 材長別防腐剤注入試験

#### (1) 供試材

注入試験には、直径10cmのスギ（容積重408～599kg/m<sup>3</sup>）、カラマツ（容積重520～702kg/m<sup>3</sup>）円柱加工材を用いた。材長は50、100、150、200cmとし、試験体数は各8体とした。

#### (2) 試験方法

##### 注入処理

供試材の重量等の初期値を測定した後、真空加圧含浸装置（ヤスジマ製 SBK-500AB型）を用い防腐剤を減圧加圧法（前排気-0.09MPaで60分、加圧0.98MPaで120分、後排気-0.09MPaで60分）により注入した（写真-1）。

注入量の測定

注入前と注入後の重量を測定し、以下の式から算出した。

$$\text{注入量} : R = (m_2 - m_1) / V$$

R : 注入量 (kg/m<sup>3</sup>)

m<sub>1</sub> : 注入処理前の木材の質量 (kg)

m<sub>2</sub> : 注入処理後の木材の質量 (kg)

V : 注入処理前の木材の体積 (m<sup>3</sup>)



写真 - 1 真空含浸装置による防腐剤の含浸

2 前処理別防腐剤注入試験

(1) 供試材

カラマツ円柱加工材 (直径10cm材長100cm) (容積重545 ~ 660kg/m<sup>3</sup>) を、条件毎に各6体ずつ用いた。

(2) 試験方法

前処理の方法

防腐剤の注入量を増加させるための前処理区分を表 - 1 に示した。

表 - 1 前処理区分

処理区分	処理方法
背割り加工	深さ5cm×1本・深さ2.5cm×2本
蒸煮処理	95℃で12時間
人工乾燥	85℃の中温処理で7日間
圧縮処理	ロールプレス:ロール間隔を88mmに設定し60度間隔で3回圧縮
インサイジング加工	インサイジングマシン:4軸式、刺傷刃サイズ厚み3.8mm、幅10mm、深さ10mm 刺傷痕密度3,643個/m <sup>2</sup>
無処理	



写真 - 2 背割り加工材  
(左: 深さ5cm右: 深さ2.5cm × 2本)



写真 - 3 蒸煮処理後の乾燥機内



写真 - 4 人工乾燥



写真 - 5 ロール圧縮処理



写真 - 6 インサイジングマシンによるインサイジング処理

#### 注入処理

材長別防腐剤注入試験と同じ条件で前処理を行った供試材へ防腐剤を注入した。

### 3 インサイジングと部分圧縮処理の併用による防腐剤注入量増加手法の検討

#### (1) 防腐剤注入試験

##### 供試材

カラマツ円柱加工材（直径10cm材長200cm）（容積重450～630kg/m<sup>3</sup>）を、インサイジング処理後に50cmに4等分した。なお、試験体の木口面は防腐剤の含浸を防ぐため、シリコンシーリング剤でシールした。なお、試験体数は各条件毎に12体とした。

##### 試験方法

#### ア 圧縮処理

木材を杭材等として使用する場合に、地際部の腐朽が最も進行しやすいため、地際部へ限定的により多くの防腐剤を含浸させることが、より効率的な手法であると考えられることから、圧縮には平板プレス（プレス盤寸法30×30cm）を用いた。試験材の中央部付近を上下のプレス盤で2面圧縮し、それと直角方向をさらに圧縮する4面圧縮処理を行った。圧縮量は、6、8、10mmとした（写真 - 7）。

#### イ 注入処理

圧縮処理後に材長別防腐剤注入試験、前処理別防腐剤注入試験と同じ注入条件で行った。

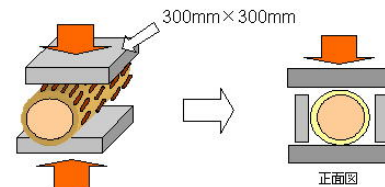
### ウ 薬剤浸透状況の確認

防腐剤注入後に60℃の恒温器内で24時間乾燥させた後の試験体を長さ方向の中央部で切断し、木口断面に酢酸とプロモフェノールブルーを塗布し、呈色させ防腐剤の浸透状況を観察した。



写真 - 7 平板プレスによる圧縮

### 部分圧縮処理方法



加圧盤の間隔を変化させることによって圧縮量を制御(圧縮量6・8・10mm)

図 - 1 部分圧縮処理方法

### (2) 圧縮部分の変形の回復について

供試材

(1)の注入試験供試材

測定方法

圧縮処理前と圧縮処理時、圧縮解放後、防腐剤含浸・乾燥後において、供試材の圧縮部分の直径を測定した。

### (3) 曲げ強度試験

供試材

インサイジング処理したカラマツ円柱加工材(直径10cm材長150cm)(平均含水率13.9%)中央部を平板プレス(プレス盤寸法30×30cm)で防腐剤注入試験と同様に4面を圧縮した。試験体数は各条件毎(0、6、8mm圧縮材)に12体とした。なお、10mm圧縮材は12本中8体に破壊が生じたため、実用には適さないとの判断から当該試験は行なわなかった。

試験方法

実大曲げ強度試験

曲げ試験は下部支点間距離120cmとし、圧縮処理した部分が荷重点となるよう供試体を設置し、中央集中荷重方式で材が破壊するまで加力し、最大荷重により評価を行った(図 - 2)。

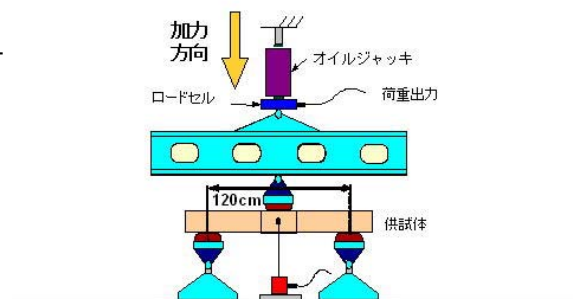


図 - 2 曲げ試験の方法

## 結果と考察

### 1 材長別防腐剤注入試験

スギ材では材長が短いほど注入量も増加し、材長150cmまでは旧JIS A9002-1995の規定量(200 kg/m<sup>3</sup>)を満たしていた。しかし、カラマツ材では、スギ材と比較して注入量は著しく少なく、材長による注入量への影響は認められなかった。(図-3)

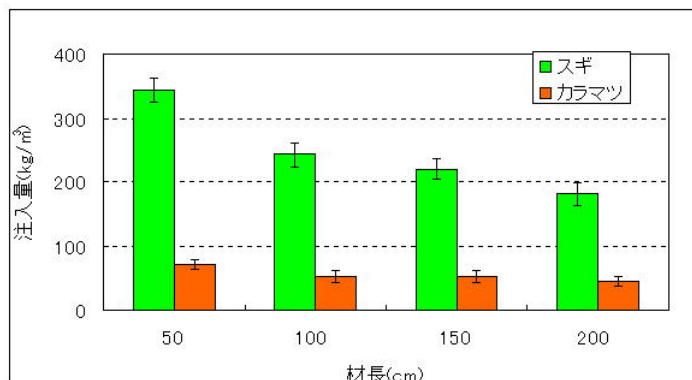


図-3 樹種・材長毎の注入量  
エラーバー：平均値±標準誤差を示す

### 2 前処理別防腐剤注入試験

カラマツ円柱加工材で行った同試験は、無処理材の注入量52.1kg/m<sup>3</sup>と比較して、インサイジング処理で101.0kg/m<sup>3</sup>(約1.9倍)圧縮処理で84.2kg/m<sup>3</sup>(約1.6倍)と注入量が増加したが、旧JIS A9002-1995の規定値には及ばなかった。また、乾燥・蒸煮・背割りの各処理では無処理材と比較して最大で1.2倍と低い増加率にとどまった(図-4)

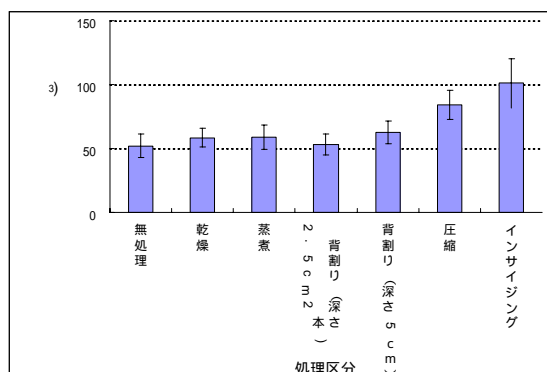


図-4 前処理区分毎の注入量

以上の試験結果から単一的な前処理では旧JIS規定値には及ばないため、複合的な方法を検討した。

### 3 インサイジングと部分圧縮処理の併用による防腐剤注入量増加手法の検討

#### (1) 防腐剤注入試験

##### 防腐剤注入量

無処理材、インサイジング処理材および圧縮処理との複合処理における材の注入量を図-5に示した。インサイジング処理後に圧縮処理を行った材は無処理材と比較し6mm圧縮で2.1倍、8mm圧縮で2.4倍、10mm圧縮で3.1倍の注入量となり、複合処理の効果が確認された。しかし、10mm圧縮材では67%の材に破壊が発生した。

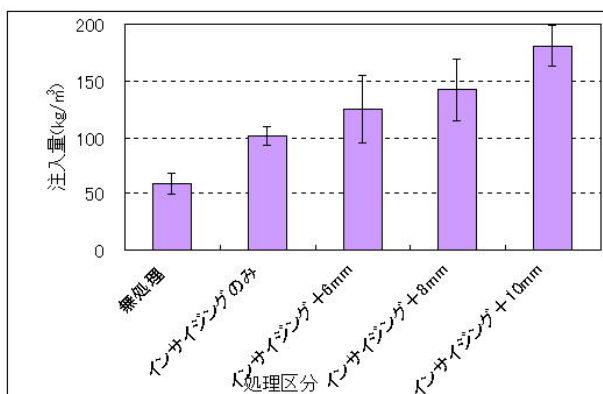


図-5 複合処理材の注入量

##### 防腐剤の分布

写真-8に防腐剤を注入後に、呈色させた材の木口断面を示した。左から無処理材・

インサイジング処理のみ・インサイジング+ 6 mm圧縮、同 8 mm圧縮、同10mm圧縮した材の長さ方向中央部の様子である。無処理材では材縁部から 1 mm程度の浸透であり、インサイジング処理のみでは刺傷部付近のみの浸透であったが、インサイジング後に圧縮した材ではインサイジング部分から T 方向および R 方向にも薬剤の浸透が広がっており、8 mm圧縮材では最長11mm程度まで浸透していた（写真 - 9）。

圧縮変形により注入性を改善する試みについては、その処理条件や改善メカニズム等の詳細な報告がなされており、圧縮による壁孔の破壊や仮道管に生じた微細なひび割れによるものと推測されている<sup>2,7)</sup>。また、インサイジング処理は、刺傷部を起点として周辺部（刺傷を行っていない部分）へ薬剤を行き渡らせるために重要な役割を果たしている<sup>10)</sup>がカラマツを用いた今回の結果においては、刺傷部付近のみの浸透となった。

今回の試験においてはインサイジング処理後にさらに部分圧縮していることから、これらの現象が複合的に作用していると考えられた。また、圧縮処理においても刺傷部分を起点として周辺部分への浸透が観察されたことから、材全面を圧縮せずに必要な部位への薬剤含浸を行う手法の開発につながる可能性が考えられた。



写真 - 8 防腐剤含浸状況

（左から、無処理・インサイジングのみ・インサイジング+ 6 mm圧縮、同 8 mm圧縮、同10mm圧縮なお、加力方向は上下、左右から）

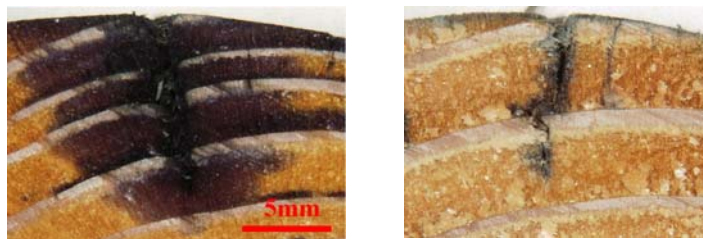


写真 - 9 防腐剤含浸状況

（左：インサイジング+ 8 mm圧縮、右：インサイジング処理のみ）

（2）圧縮部分の寸法変化について

図 - 6 に圧縮処理に伴う寸法変化を示した。

圧縮処理後の寸法は、防腐剤の含浸・乾燥後にはいずれの圧縮量でも98%以上とほぼ痕跡が残らない程度まで回復した。圧縮に伴い発生した圧縮部分と未圧縮部分との境界付近にできた割れについても、外観上はほとんど目立たなくなった。

処理による寸法変化が小さいこと

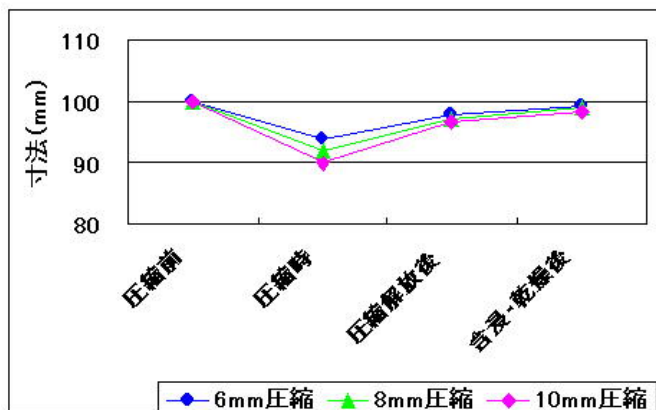


図 - 6 圧縮処理による寸法変化

は歩増しの必要性が省け、かつ薬剤層の歩留まりも低下しないなど、実用に有利であると考えられる。

### (3) 曲げ強度試験

曲げ強度試験における最大荷重は、無処理材25.0kNと比較し、6mm圧縮処理材で23.8kN(減少率約5%)、8mm同処理材で22.6kN(同約9%)と圧縮量の増加によってやや強度値は低下する傾向にあった(図-7)。しかし、6mm圧縮、8mm圧縮とも無処理と比較して、有意水準5%の検定(正規性の検定、母分散の比の検定を行い、スチューデントのt検定を行った。)では、有意な差は認められなかった。

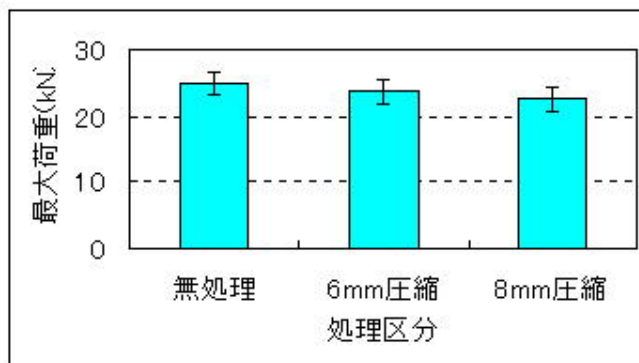


図-7 曲げ強度試験の結果

おわりに

今回、県産のスギ、カラマツ円柱加工材への防腐剤の注入試験を行った。その結果、スギ材においては長さ150cm材までは旧JIS A9002-1995の規定量(200kg/m<sup>3</sup>)を満たした。しかし、カラマツ材では、材長を短くしても注入量は増加しなかった。次にインサイジング処理やロール圧縮などの前処理による防腐剤注入量の増加を試みたが、最も多い注入量となったインサイジング処理でも、無処理材の1.9倍の増加率にとどまった。次に複合的な方法で、より効果的に防腐剤を注入するための注入性改善処理として、インサイジング処理後に平板プレスを用いて部分圧縮する方法を試みた。その結果以下の点が明らかとなった。

- (1) インサイジング処理後の圧縮処理試験体の防腐剤注入試験では、8mm圧縮処理材では無処理材と比較し2.4倍、インサイジング処理のみの試験材と比較し1.4倍と増加した。
- (2) インサイジングによる刺傷部および圧縮部分を起点とする防腐剤の材内への浸透は、繊維方向だけでなく、接線方向・半径方向にも広がっていた。
- (3) 圧縮処理時の変形は、防腐剤含浸・乾燥後にはいずれの圧縮量でも97%以上の回復率となり、ほぼ痕跡が残らない程度まで回復した。
- (4) 曲げ強度試験においては、最大荷重で無処理材と比較し、6mm圧縮材で5%、8mm圧縮材で9%と、圧縮量の増加に伴って強度値は低下する傾向にあった。しかし、有意差は認められなかった。

今回の試験結果から、材全体を圧縮しなくても必要な部位へ防腐剤を含浸させる手法を応用することにより、木材を屋外で杭材等として使用する場合に、最も腐朽しやすい地際部に圧縮処理を施し防腐剤を含浸することにより、強度性能をあまり低下させず、杭材の耐用年数を延ばすことが可能であると考えられた。



なお、現在、処理材の耐朽性を確認するためインサイジングと圧縮の複合処理材、インサイジング処理材および無処理材に防腐剤を含侵させ野外杭試験に供している（写真 - 10）。



写真 - 10 処理材の野外杭耐朽試験

#### 引用文献

- 1) 福島県農林水産部：「平成17年福島県森林・林業統計書（平成16年）」
- 2) 酒井温子：「奈良県林試木材加工資料 第21号 31-33(1995)」
- 3) 酒井温子：「木材保存20(3), 22-28(1994)」
- 4) 小林好紀：「奈良県林試研究報告No.5, 123-132(1974)」
- 5) 松村順司、堤壽一、小田一幸：「木材学会誌41, 433-439(1995)」
- 6) 屋我嗣良、河内進策、今村祐嗣：木材科学講座12 保存・耐久性, 海青社, 132(1997)
- 7) 飯田生穂、高山知香子、宮川修、今村祐嗣：「木材学会誌38, 233-240(1992)」
- 8) 金川靖、林和男、渋谷昌資、安島稔：「木材工業47, 363(1992)」
- 9) 佐藤真由美、西川介二、森満範、土居修一：第43回日本木材学会大会研究発表要旨集、岩手、366 (1993)
- 10) 中村嘉明、西本孝一：木材学会誌34, 618-626(1988)