

## (論 文)

**木材の含水率が防腐剤注入量に及ぼす影響**

鹿野 厚子・谷内 博規

Effect of moisture content of wood on preserved chemical impregnation

Kouko KANO · Hironori TANIUCHI

## 要 旨

木材に防腐剤を加圧注入する際、含水率が防腐剤薬液の注入量に及ぼす影響を樹種、部位別および圧力条件別に調査した。その結果、アカマツ辺材、スギ辺材では含水率の低下に伴い薬液注入量は比例的に増加したが、スギ心材では含水率15%までは薬液注入量は漸増するが分散が大きいため安定した注入量を確保できなかった。含水率が15%以下になると薬液注入量は急増するが分散も増大した。また、含水率から算出した空隙率と薬液注入量には高い相関があった。

これらのことから、木材防腐処理を行う際、乾燥によって木材中に空隙が確保されれば注入性は向上するが、スギ心材は乾燥とともに薬液注入量の分散も増大することが明らかとなった。

For impregnated preservative chemical in wood, the influence moisture content (MC) affects the amount of chemical in wood was investigated a type of tree, part exception, and according to the impregnated conditions. Consequently, when Akamatsu (*Pinus densiflora*) sapwood, Sugi (*Cryptomeria japonica*) sapwood were impregnated preservative chemicals, the amount of chemical in wood increased-like proportionally with decline in MC of woods, when Sugi heartwood, amount of chemical in wood increased to MC15% slightly, but amount of chemical in wood stabilized since distribution of the chemical was large was not securable. When MC of Sugi heartwood became 15% or less, although the amount of chemical in wood increased rapidly, distribution also increased. Moreover, pore volume and the amount of chemical in wood which were computed from MC had high correlation.

From the above results, it is assumed that rise of pore in the wood by dryness brings about improvement in impregnation, but Sugi heartwood, dryness brings about increase of distribution of the amount of chemical in wood.

キーワード：含水率、防腐剤、アカマツ、スギ、注入性

## 目 次

緒 言 .....	14	2. 2 注入時空隙率と注入量の関係 .....	16
1 実 験 .....	14	2. 3 注入量に及ぼす樹種、含水率および 圧力条件の相互 .....	16
1. 1 供 試 材 .....	14	ま と め .....	17
1. 2 供試薬剤 .....	14	引用文献 .....	17
1. 3 注入操作 .....	14		
2 結 果 .....	15		
2. 1 処理時含水率と薬剤注入量の関係 .....	15		

## 緒 言

木材を屋外で利用する場合、腐朽による劣化が問題となる。そのため長期耐用年数が必要な場合には通常防腐剤の加圧注入が行われる。

防腐処理によって木材に安定的な耐朽性能を付与するためには、防腐効果を発揮しうるに充分な量の薬剤を注入し、かつ処理材間の注入量のはらつきを抑制することが課題である。

上記の課題の解決には、防腐薬剤の注入性の把握が重要となる。注入性に影響する因子として、樹種、注入時の含水率、注入条件等が挙げられる。これまで、各因子と注入性の関係について研究が行われてきたが<sup>1-4)</sup>、樹種、部位別の処理時含水率と薬剤注入量の関係については不明な点が多く、注入に適正な含水率を示している例は少ない。また、複数の因子の相互作用が注入性に及ぼす影響を詳細に解析した例は少ない。

今回は防腐薬剤処理を行った際、各樹種で、充分量の薬剤注入量が確保でき、注入量のはらつきを抑制できる適正含水率の設定を目的として、樹種、処理時含水率及び減圧加圧スケジュールが薬剤注入量に及ぼす影響を評価した。

## 1 実 験

### 1.1 供試材

岩手県産スギ辺材、スギ心材、アカマツ辺材、カラマツ心材の生材から、寸法 L × R × T = 20 × 20 × 150mm の無欠点二方柾試験体を、各樹種につき320本調製し、木口をシリコンで被覆した。これを1圧力条件ごとに各樹種40本ずつ供試した。

試験体を水中に1週間浸漬し、順次5体ずつ取り出し風乾（20°C、1～7日間）することにより含水率調整を行った。また、5体はオープンで乾燥（105°C、48時間）した。これより試験体の含水率は0～200%となった。

### 1.2 供試薬剤

防腐薬剤は銅・ほう素・アゾール系薬剤（タナリスCuAz）の30倍希釈液を用いた。

### 1.3 注入操作

試験体への薬剤の注入処理は、真空・加圧注入装置（株式会社ヤスジマ製 SBK-500AB型）を用いて、表-1の圧力条件で減圧加圧注入処理を行った。

処理後、試験体を液中で24時間静置した後、室温で風乾

表-1 処理の減圧、加圧条件

Table 1 Treated conditions of vacuum and pressure levels

処理方法 Treated process	減圧条件* Vacuum level ( MPa )	加圧条件* Pressure level ( MPa )
浸漬処理 Dipping	0.000	0.00
加圧処理 Impregnated pressure	0.000	0.78
減圧処理 (1) Impregnated vacuum (1)	0.095	0.00
減圧加圧処理 (1) Impregnated vacuum and pressure (1)	0.095	0.78
減圧処理 (2) Impregnated vacuum (2)	0.035	0.78
減圧処理 (3) Impregnated vacuum (3)	0.068	0.78
減圧加圧処理 (2) Impregnated vacuum and pressure (2)	0.095	0.25
減圧加圧処理 (3) Impregnated vacuum and pressure (3)	0.095	0.49

\*注入時間は1時間、しかし浸漬処理は26時間

\*Impregnated time was 1Hour, but the time of dipping treatment was 26Hours.

（18±3°C、24hrs）し、オープンで乾燥（105°C、24hrs）した。

なお、薬剤注入量、処理時含水率、処理時空隙率は下記の式により算出した。

#### (1) 薬剤注入量

今回、薬剤注入量は全乾木材の単位体積あたりに含浸された薬液量とした。

$$AC_{AQ} = \{(W_2 - W_1) / V_0\} \times 1000$$

AC<sub>AQ</sub>：薬剤注入量 ( kg/m<sup>3</sup> )

W<sub>1</sub>：処理前の試験体重量 ( g )

W<sub>2</sub>：処理直後の試験体重量 ( g )

V<sub>0</sub>：処理後の全乾試験体体積 ( cm<sup>3</sup> )

#### (2) 試験体の含水率

$$u = \{W_1 - (W_0 - A_C)\} / (W_0 - A_C) \times 100$$

u：含水率 (%)

W<sub>0</sub>：処理後の全乾試験体重量 ( g )

A<sub>C</sub>：注入された薬剤の固形分重量 ( g )

#### (3) 処理時空隙率

処理時空隙率は、木材の纖維飽和点を28%とし、纖維飽和点以下での木材の体積変化があると仮定して算出を行った<sup>5, 6)</sup>。

$$C = (1 - r_0 / r_H) \times 100 \quad (u=0)$$

$$C = [1 - R' (1 / r'_H + u_h / \rho_s)] \times 100 \quad (0 < u < 28)$$

$$C = [1 - R (1 / r_H + u_{hmax} / \rho_s + u_k / \rho)] \times 100 \quad (u > 28)$$

C: 空隙率 (%)

$r_0$ : 全乾比重 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$r_H$ : 木材の真比重 (= 1.50)

$r'_H$ : ヘリウム置換による木材の真比重 (= 1.46)

R: 容積密度 =  $W_0 / V_1$  ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

R': 測定時の含水率における木材容積と全乾重量に基づく比重

$u_h$ : 結合水の含有量 ( $\text{g}/\text{g}$ )

$u_{hmax}$ : 繊維飽和点における結合水の含有量 ( $\text{g}/\text{g}$ )

$u_k$ : 自由水の含有量 =  $u - u_{hmax}$  ( $\text{g}/\text{g}$ )

$\rho$ : 測定時の温度における水の比重 (= 1)

$\rho_s$ : 含水率  $u\%$  における結合水の平均比重

$\rho'_s$ : 繊維飽和点における結合水の平均比重

$V_1 = V_0 (1 + 0.84r_0u / 100)$  ( $0 \leq u < 28$ )

$V_1 = V_0 (1 + 28r_0 / 100)$  ( $u > 28$ )

$V_1$ : 处理前の試験体体積 ( $\text{cm}^3$ )

## 2 結果と考察

### 2.1 处理時含水率と薬剤注入量の関係

図-1に、処理時含水率(以下、含水率とする)と薬剤注入量(以下、注入量とする)の関係を樹種ごとに示す。

アカマツ辺材、スギ辺心材、カラマツ心材のいずれも、含水率の低下に伴い注入量は増加する傾向を示したが、含水率と注入量の関係は、圧力条件および樹種によって異なった。そこで、含水率と注入量の関係に及ぼす圧力条件の影響を樹種ごとに解析した。解析は主に注入量とその分散に着目して行った。

アカマツ辺材の場合、浸漬処理、加圧処理では、含水率60%以下になると、含水率の低下に伴って注入量が急増し、その分散も増大した。減圧処理、減圧加圧処理では、含水率と注入量は負の傾きを持つ直線関係となつた。注入量の分散は、減圧加圧処理が減圧処理に比べ小さくなつた。このとき注入量の分散に対する含水率の影響は見られなかつた。

スギ辺材の場合、浸漬処理での注入量は僅かであり、その分散も小さかつた。このとき注入量に対して含水率は殆ど影響しなかつた。加圧処理では、含水率60%以下になると含水率の低下に伴つて注入量が急増したが、その分散は小さかつた。減圧処理、減圧加圧処理では、含水率と注入量は負の傾きを持つ直線関係となつた。注入量の分散は、減圧処理、減圧加圧処理とも、アカマツ

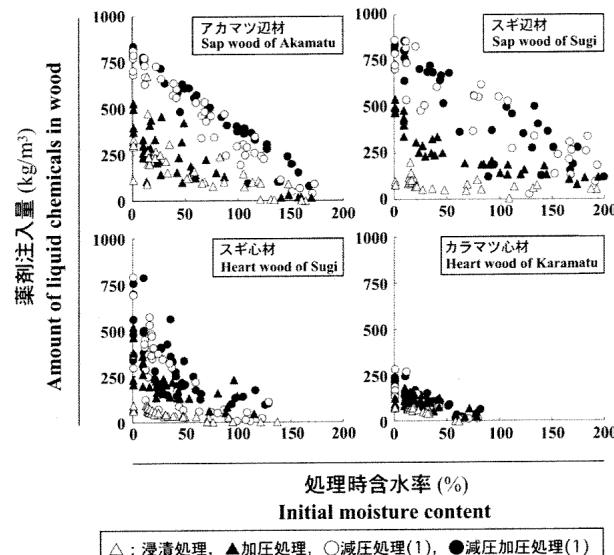


図-1 処理時含水率と薬剤注入量の関係

Fig.1 Relationships between initial moisture content and amount of liquid chemicals in wood.

Legend : Treated process is Dipping ( $\triangle$ ), Impregnated pressure ( $\blacktriangle$ ), Impregnated vacuum ( $\circ$ ), Impregnated vacuum and pressure ( $\bullet$ ).

辺材の減圧加圧処理に比べ大きくなつた。このとき注入量の分散に対する含水率の影響は殆ど見られなかつた。

スギ心材の場合、浸漬処理での注入量は僅かであり、その分散も小さかつた。このとき注入量に対する含水率の影響は小さかつた。加圧処理、減圧処理、減圧加圧処理では、含水率60%以下になると含水率の低下に伴つて注入量が急増し、その分散も増大したが、含水率60%以上では、注入量は対する含水率の影響は見られず、約200kg/m³前後に収束した。

カラマツ心材の場合、浸漬処理での注入量は僅かであり、その分散も小さかつた。このとき注入量に対する含水率の影響は小さかつた。加圧処理、減圧処理、減圧加圧処理では、含水率50%以下になると含水率の低下に伴つて注入量が増加したが、注入量は他樹種に比べ僅少であった。

これらのことから、含水率と注入量の関係は樹種、圧力条件により大きく異なるが、含水率の減少に伴つて注入量は増加することが明らかとなつた。

各樹種において、JIS規格に定める水性および乳化性木材防腐処理剤の注入量200kg/m³と比較すると、減圧加圧注入を行つた場合、アカマツ辺材では含水率100%以下、スギ辺材では含水率80%以下、スギ心材では含水率25%以下の条件で注入を行えば規格を満たすことが可能であることが明らかとなつた。またカラマツ心材の注入量は基準と近接しているが、規格に示される注入量を確保するためにはインサイジングなどの前処理が必要であると考える。

## 2.2 注入時空隙率と注入量の関係

図-2に注入処理前の初期含水率から算出した空隙率と注入量の関係を示す。

アカマツ辺材、スギ辺・心材、カラマツ心材のいずれも、注入時空隙率（以下、空隙率）の増加に伴い注入量も増加する傾向を示したが、その傾向は樹種、圧力条件により異なり、注入性が良好で、空隙率と注入量が比例関係を示したもの（Type 1）、注入性が空隙率の増加により極端に変化し、空隙率60～70%以上で注入量が急激に増加したもの（Type 2）、空隙率が注入量に影響しないもの（Type 3）に大別された。

このことから、注入性は樹種により大きく異なり、アカマツ辺材の注入性が最も良好で、ついでスギ辺材、スギ心材の順となった。カラマツ心材の注入性は極めて悪いことが確認された。

さらに注入性のタイプを樹種、圧力条件ごとに分類した結果を表-2に示す。アカマツ辺材およびスギ辺材は、減圧0.068MPa以上のとき、加圧力に関係なく空隙率と注入量の関係はType 1を示した。スギ心材は、浸漬処理を除き、圧力条件に関係なくType 2となった。カラマツ心材もスギ心材と同様の傾向を示した。スギ心・辺材、カラマツ心材での浸漬処理はType 3となった。

このことから、圧力条件が注入量に及ぼす影響は樹種により大きく異なるが、注入性の良好な樹種ほど、減圧・加圧による注入は葉液注入量を増加させる傾向を示し、注入性向上としての寄与は減圧が加圧より大きいことがわかった。

## 2.3 注入量に及ぼす樹種、含水率および圧力条件の相互作用

以上の結果から、注入量は、樹種、含水率および圧力条件などの相互作用により決定することは明らかである。この事象をモデル化し注入因子（圧力条件）を注入エネルギーとし、被注入因子（樹種、含水率）を難注入性とすると、注入量とその分散の観点から、注入性は次の4段階に分類される。

(1段階) 含水率の注入量への影響があまり見られず、注入量の分散も小さい場合である。このとき空隙率はType 3となる。これはスギ心・辺材、カラマツ心材での浸漬処理に見られる。

(2段階) 高含水率域では含水率の注入量への影響は小さいが、含水率60%程度以下になると、含水率の減少に伴い注入量は増加し、その分散も増大する場合である。このとき空隙率はType 2となる。これはスギ心材の減圧加圧処理や、アカマツ刃材の浸漬処理、減圧処理に見

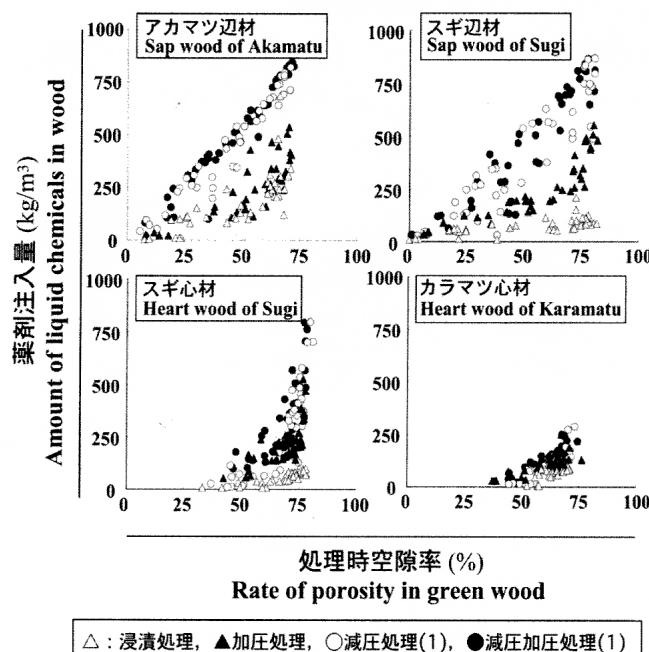


図-2 処理時空隙率と薬剤注入量の関係

Fig.2 Relationships between rate of porosity and amount of liquid chemicals in wood

Legend : Treated process is Dipping ( $\triangle$ ), Impregnated pressure ( $\blacktriangle$ ),  
 Impregnated vacuum (1) ( $\circ$ ),  
 Impregnated vacuum and pressure (1) ( $\bullet$ ).

表-2 樹種、圧力条件ごとに分類した注入性のタイプ

Table 2 Type of pouring nature classified according to species and impregnate conditions.

減圧条件		加圧条件		アカマツ辺材	スギ辺材	スギ心材	カラマツ心材
Vacuum level ( MPa )	Pressure level ( MPa )	Akamatsu sapwood	Sugi sapwood	Sugi heartwood	Karamatsu heartwood		
減圧 変化 vacuum level Change of vacuum level	0.000	0.00	( Type ) 2	3	3	3	
	0.000	0.78	2	2	2	2	
	0.035	0.78	2	2	2	2	
	0.068	0.78	1	1	2	2	
	0.095	0.78	1	1	2	2	
	0.095	加圧 変化 Change of pressure level	0.00	1	1	2	2
	0.095		0.25	1	1	2	2
	0.095		0.49	1	1	2	2
	0.095		0.78	1	1	2	2

Type1：空隙率と注入量が直線関係

Type2：空隙率60~70%以上で注入量が急増

Type3：空隙率と注入量に相関なし

Note : Type 1 : Amount of liquid chemicals in wood and rate of porosity in green wood are straight line relations. Type 2 : Amount of liquid chemicals in wood increased rapidly at 60% or more of rate of porosity in green wood. Type 3 : There was no correlation in amount of liquid chemicals in wood and rate of porosity in green wood.

られる。

(3段階) 含水率の減少に伴い注入量は直線的に増加するが、注入量の分散が大きい場合で、空隙率はType 1となる。これはスギ辺材の減圧加圧処理や、アカマツ辺材の減圧処理に見られる。

(4段階) 含水率の減少に伴い注入量は直線的に増加し、注入量の分散が小さい場合である。空隙率は Type 1となる。これはアカマツ辺材の減圧加圧処理に見られる。

これらの分類から、薬剤注入量は、1～4段階を経て増加すると考えられる。つまり、易注入性の樹種ほど、また注入エネルギーが大きくなるほど4段階に近づき、注入量は含水率の減少に伴い直線的に増加するのではないかと推測する。

## ま　と　め

樹種、含水率および圧力条件が注入量に及ぼす影響は、それぞれ以下のとおりであることがわかった。

- 1) 含水率と注入量の関係では、注入量は含水率の減少に伴い増加する。
- 2) 圧力条件と注入量の関係では、注入性向上としての寄与は減圧が加圧より大きい。
- 3) 注入性はアカマツ辺材が最も良好で、ついでスギ辺材、スギ心材の順となる。カラマツ心材の注入性は極めて悪い。
- 4) 処理前含水率から算出した空隙率と薬液注入量には高い相関があった。これらのことから、木材防腐処理を行う際、処理前乾燥によって木材中に空隙が確保されれば、注入性は向上することが明らかとなった。
- 5) 減圧加圧注入を行った場合のJIS基準を満たす適正含水率は、アカマツ辺材では100%以下、スギ辺材では60%以下、スギ心材では15%以下であった。

## 引　用　文　獻

- 1) 渡井純 (2002) 天然乾燥を行ったスギ円柱加工材の防腐薬剤注入性評価. 木材保存28 : p24 ~ 30.
- 2) 酒井温子 (1994) 薬剤処理方法による浸透性の相違. 木材保存20 : p129 ~ 135.
- 3) 谷川充・古野毅・城代進 (1992) 難注入性木材の液体浸透 (1) -毛管圧浸透と加圧注入における5樹種の方向別浸透性-. 木材保存18 : p260 ~ 269.
- 4) 松岡良昭・野地清美・青木昭男 (1990) 低毒性防腐・防蟻剤の異なる乾燥処理材への加圧注入特性. 木材保存16 : p140 ~ 143.
- 5) 伏谷賢美 他 (1985) 木材の物理. p8 ~ 11, 文永堂.
- 6) 杉原彦一 他 (1979) 新訂基礎木材工学. p58 ~ 60, フタバ書店.