

富山県産スギ円柱加工材の薬剤注入性

栗崎 宏*, 塚本英子*, 鷲岡 雅*

Preservative Treatability of Regional Sugi Poles in Toyama Prefecture

Hiroshi KURISAKI*, Hideko TSUKAMOTO*, Tadashi SAGIOKA*

素材の因子が薬剤注入性に及ぼす影響を明らかにするため、スギ円柱加工材の注入性を評価した。乾燥状態（容積重）、長さ、および品種の異なる試験材に、タナリスCuAz 5%希釈液を加圧注入し、薬剤注入量と辺材部浸潤度を測定した結果、次のことが明らかになった。

- 1) 注入量は、容積重の増加に伴い減少する傾向が認められた。容積重500kg/m³以下の試験材の注入量は約400kg/m³であったが、高容積重材ではその1/2~1/3に低下した。
- 2) 注入量は短い材ほど高く、1m材は2m材よりも約30%高い値を示した。しかし、高容積重材では、明らかな増加傾向は認められなかった。
- 3) ボカスギは、タテヤマスギよりも約10%高い注入量が得られた。
- 4) 浸潤度は、容積重の増加に伴い低下するとともにばらつきが増加した。浸潤度最低値は、容積重、および注入量との間に相関が見られた。

1. はじめに

富山県では、県産スギの需要促進が求められている。現在、樹脂注入、表面圧密化などの高次加工技術の検討が進められているが、一次加工品の用途をさらに拡大する技術検討も必要である。

森林土木木製品はそのような用途のひとつであるが、屋外で激しい劣化環境に曝されるため、主に一時的な構造物にその使用が限定されてきた。しかし、保存処理で耐久性を高めることにより、その利用範囲は飛躍的に拡大できるものと考えられる。

ここで問題となるのが、保存処理材の耐久性である。代表的な保存処理材であるCCA注入処理材は、野外曝露試験において20年以上の耐用年数が確認され²⁾、住宅部材としての実績もある¹⁾。しかし、屋外で使用される木製遊具の場合、上記CCA処理材がわずか5年で腐朽することがあり³⁾、保存処理した森林土木木製品もこのような短期間で腐朽する可

能性がある。腐朽の原因はいくつか挙げられるが、注入不良が最大の原因と考えられている^{6,7,9)}。

これを改善するために、本実験では県産スギ円柱加工材を用いて、乾燥度、材長、および品種などの試験材の特性が薬剤注入性に及ぼす影響を検討した。

2. 材料および実験方法

2.1 供試材料

注入実験には、森林土木木製品によく用いられる直径10cmの県産スギ (*Cryptomeria Japonica* D. Don) 円柱加工材72本を供した。(表-1)

試験材の材長は、1.0m、1.5m、2.0mの3水準とした。

供試品種は、タテヤマスギ、およびボカスギとした。

試験材の乾燥度に差異を設けるため、乾燥材、未乾燥材、および未乾燥材を屋内に約2ヶ月間放置し

* 木材試験場

た材を供試した。乾燥度の目安として各試験材の材積と重量から容積重を求め、500kg/m³未満（L区分）、500～700kg/m³（M区分）、および700kg/m³以上（H区分）の3つの乾燥度に区分して注入実験に供した。

なお、試験材の含水率を直接測定できないため、予め2mの供試材と同じ寸法のタテヤマスギ20本、およびボカスギ30本について全乾含水率と容積重の関係を求めておいた。

表-1 供試した丸棒加工材

品 種	長さ (m)	各区分の本数と平均容積重(kg/m ³)			
		L区分	M区分	H区分	合計本数
タテヤマスギ	1.0	8(414)	7(622)	3(787)	18
	1.5	10(412)	8(570)	0	18
	2.0	9(444)	9(583)	9(748)	27
ボカスギ	1.5	9(429)	0	0	9

2.2 注入処理方法

薬剤注入処理は、直径60cm長さ250cmの真空加压含浸装置（富士鋼業株式会社製）を使用し、ベセル法により実施した。加・減圧の条件は、表-2に示す。

注入薬剤には、酸化第二銅・ホウ酸・テブコナゾール系薬剤のタナリスCuAz（コパーズヒクソン社製）の5%（W/V）水溶液を用いた。

表-2 加压注入のスケジュール

工 程	圧力 (kPa)	時間 (分)	備 考
前排気	-88	60	45～60分に薬液吸入
空気圧加压	932	120	約70分で所定圧に到達
後排気	-88	30	

2.3 薬剤注入性評価方法

注入前、及び注入後の各試験材重量（kg）および材積（m³）を測定し、次式により薬剤注入量（kg/m³）を算出した。

$$\text{薬剤注入量} = \frac{\text{注入後重量} - \text{注入前重量}}{\text{試験材の材積}}$$

注入後1ヶ月以上風乾した試験材の中央部分を切

断し、その断面に呈色試薬（クロムアズロールS 0.1gと酢酸ナトリウム1gを水100mlに溶解したもの）を塗布して、銅の浸透領域を呈色した。画像計測装置（ダイインスツルメンツ社製、MS-3000）を用いて断面の呈色面積を計測し、次式により浸潤度（%）を算出した。浸潤度測定は、腐朽を受けやすい辺材部について行った。

$$\text{浸潤度} = \frac{\text{呈色面積}}{\text{全断面面積}} \times 100$$

3. 結果と考察

3.1 試験材の特性と薬剤注入性

3.1.1 乾燥状態と注入性

図-1に、供試材と同寸のタテヤマスギ2m材から求めた容積重と含水率を示した。容積重と含水率の間に、極めて高い相関（ $r = 0.923$ ）が認められた。ボカスギについても同様の相関が得られた。よって、以下では試験材容積重を乾燥度の指標として用

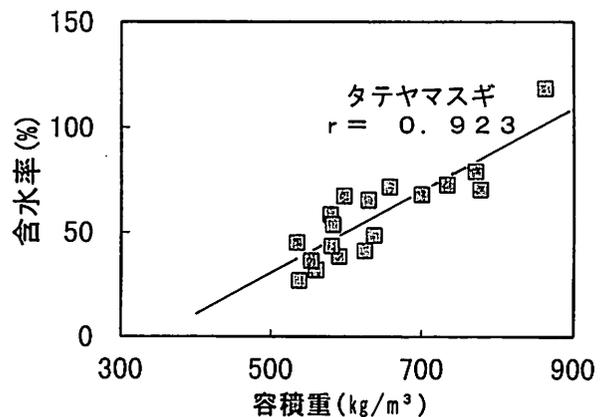


図-1 容積重と含水率の関係

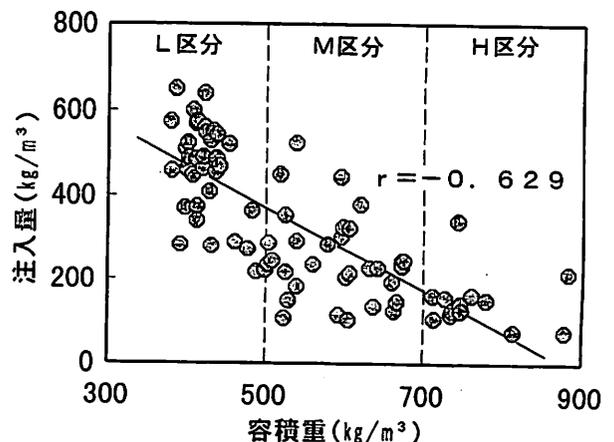


図-2 全試験体の容積重と注入量
一点鎖線は90%下限値

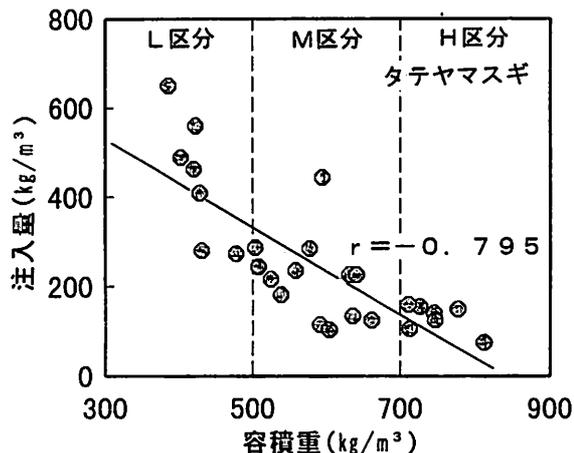


図-3 容積重と注入量の関係

いた。

全試験材の容積重と薬剤注入量を図-2に示した。この中には、材長および品種の異なる試験材が含まれているが、容積重と注入量の間には明らかな負の相関 ($r = -0.629$) が認められた。注入量は、容積重、すなわち試験材の乾燥度に依存することが確認された。

材長と品種の影響を除くために、タテヤマスギ2m材の容積重と注入量を図-3に示した。注入量と容積重の間には、図-2よりも高い相関 ($r = -0.795$) が認められた。容積重区分ごとに平均注入量を比較すると、乾燥度の高いL区分材が403kg/m³であったが、M、H区分材はそれぞれ219、130kg/m³で、L区分材の約1/2~1/3の値であった。

断面を呈色して側面からの浸潤長さを比較すると、L区分材のほうがM、H区分材よりも長い傾向が見られた。また、L区分材の場合、干割れ面からの薬液浸透も見られた。従って、乾燥度の高いL区分材材は、表面からの注入量が高いだけでなく、干割れ面からの注入も加算されることによって、高い注入量が得られたと考えられる。

容積重と浸潤度の関係を明らかにするため、試験材の浸潤度を図-4に示した。浸潤度は、容積重の増加に伴って減少するとともに、ばらつきが増加する傾向が見られた。すなわち、容積重400kg/m³以下の試験材の浸潤度はいずれも90%以上であったが、容積重の増加に伴い浸潤度の低い試験材が増加し、容積重700kg/m³以上の試験材の浸潤度は20~100%の広い範囲にばらついた。浸潤度分布の下限値(図中の点線)は、容積重増加に伴い直線的に低下

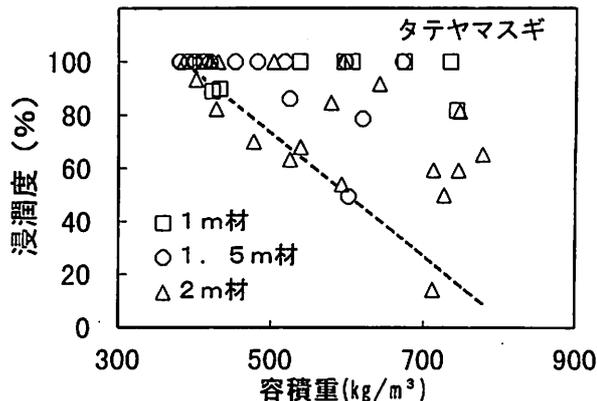


図-4 容積重と辺材浸潤度の関係
点線は下限値の推移を示す

する傾向が認められた。

以上、注入量と浸潤度はいずれも容積重の増加に伴い低下することが確認された。

3.1.2 材長と注入性

材長と注入量の関係を明らかにするために、容積重区分ごとに材長の異なる試験材の注入量を比較した(図-5)。

乾燥度の高いL区分材(容積重500kg/m³未満)の場合、2m材の平均注入量が406kg/m³であったのに対し、1.5m材、および1m材の注入量はそれぞれ473、516kg/m³で、約20~30%高い値が得られた。また、1m材の変動係数は2m材の約1/3に減少し、短い材ほど注入量が高く、しかもばらつきが少なくなる傾向が認められた。この原因は、断面形状が同じであれば短い材ほど木口面の比率が高くなるためと考えられる。M区分(容積重500~700kg/m³)の場合、注入量の差異は明確でなかった

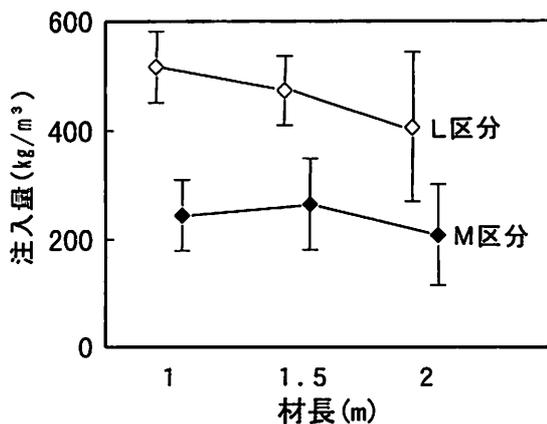


図-5 材長と注入量の関係
◇、◆は平均値 縦棒は標準偏差を表す

が、これは乾燥度の低い材の場合、空隙が少ないために木口面の比率が変化しても注入量への影響が少なかったためと推察される。

材長と浸潤度の関係を明らかにするため図-4のプロットを材長ごとに比較すると、1m材のプロットは容積重に関係なく80%以上であるが、2m材のプロットは容積重増加に伴って低下するものが多く、下限値のほとんどが2m材プロットであることがわかる。このことから、浸潤度の容積重依存度は、長い材ほど強いと考えられる。

M区分材の場合、1m材の注入量は2m材と大差ないにもかかわらず、浸潤度は1m材のほうが明らかに高い。したがって、乾燥度の低い短材の浸潤には、注入以外のメカニズム、すなわち薬剤成分の拡散移動も関与した可能性がある。しかし、注入薬剤の主成分である酸化第二銅エタノールアミン錯イオンの拡散性については不明な点もあり、今後の実験による確認が必要であろう。

3.1.3 品種と注入性

材長1.5m、容積重L区分の材において、タテヤマスギとボカスギの薬剤注入量を比較した(表-3)。両品種の容積重はほぼ同じだが全乾比重が異なるため、ボカスギのほうが乾燥度が低いと推定された。したがって、注入量もボカスギのほうが低いと予想されたが、逆に約10%も高い注入量を示した。なお、浸潤度はいずれの品種も100%であり差異は認められなかった。筆者らは無欠点小試験片、および10.5cm角材を用いて両品種の薬剤注入実験^{4,5)}を行い、本実験と同様、ボカスギの注入性が高いという結果を得ている。したがって、これら2品種の注入性は異なると考えられる。ただし、実用上、両品種を区別する必要があるのかについては、さらに検討を要する。

久保ら是有縁壁孔閉鎖性がスギの品種間で異なると報告しており³⁾、注入性の違いは微細な組織構造が関係している可能性もある。また、心材率、年輪

表-3 タテヤマスギとボカスギの注入性比較 (L区分材)

品 種	全乾比重	容積重 (kg/m ³)	心材率 (%)	注入量 (kg/m ³)	浸潤度 (%)
タテヤマスギ	0.41	412	63	466	100
ボカスギ	0.33	420	62	509	100

幅、晩材率といったが比較的巨視的な材質が影響している可能性もある。これらの点を明らかにするためには、各品種の材質データを整備する必要がある。

3.2 注入不良の改善

薬剤注入性は、容積重、材長、および品種の影響を受けるが、注入量を比較すると容積重への依存度が最も大きいことがわかる(図-6)。よって、容積重と注入量の関係を、スギ円柱加工材の注入不良の改善という観点から考察してみる。

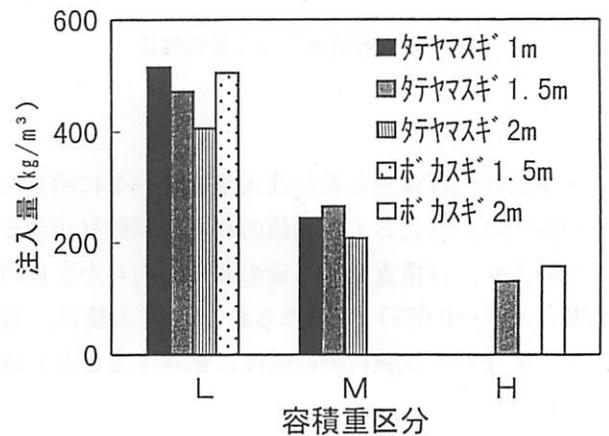


図-6 容積重とその他の素材特性の比較

まず、「木材の加圧式防腐処理方法」JIS A9002-1992は、「注入量は200kg/m³以上でなければならない」と規定しており、これに適合するには注入前の容積重が約550kg/m³以下でなければならないことが、図-2(下限線)から読みとれる。また、「製材の日本農林規格」(以下、製材JAS)は、K2~K5区分の保存処理材の辺材部の浸潤度を80%以上でなければならないと規定しており、これに適合するには注入前の容積重が約500kg/m³以下でなければならないことが、図-5(下限線)から読みとれる。したがって、スギ円柱加工材は、注入前に容積重500kg/m³以下まで乾燥することにより注入不良を減少できる。

また、安定した品質の注入処理材を供給するためには、仕上がり製品から不良品を摘出する検査が必要である。現在、JAS、ならびにAQ(優良木質認証制度)では薬剤吸収量検査法と浸潤度検査法を規格化しているが、いずれも製品を切断、またはボーリングするため頻繁に検査できない。不良品をより確実に摘出するには非破壊検査法が必要であるが、

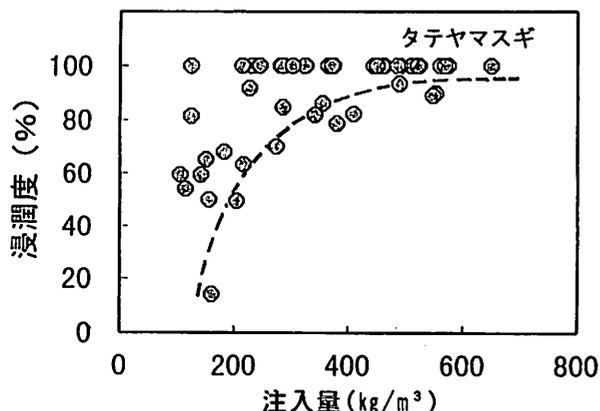


図-7 注入量と辺材浸潤度の関係
点線は下限値の推移を示す

注入量と浸潤度の間に関係が存在すれば、注入量の値から浸潤度を推定できる可能性がある。そこで、タテヤマスギの注入量と浸潤度をプロットしたところ、図-7のような関係が得られた。すなわち、浸潤度は注入量200kg/m³付近の領域では20~100%の広い範囲にばらついているが、注入量増加に伴って100%に収れんしている。その際、浸潤度分布の下限値(点線)は注入量増加に伴い指数曲線的に増加し、注入量が約300kg/m³以上であれば浸潤度は80%以上であることが読みとれる。したがって、スギ円柱加工材の場合、製品を破壊せずに、注入量の値から浸潤度を推定することが可能と考えられる。

以上のことから、容積重、注入量、および浸潤度の関係を乾燥度管理や製品検査に利用することにより、注入不良の改善が可能であることが示唆された。

4. おわりに

近年、保存処理薬剤は、CCA からACQ, CuAz などの新規薬剤に切り替えられた。しかし、まだ使用実績は短く、効力に不安も残る。したがって、保存処理にあたっては、確実性の高い注入処理によって薬剤効力を最大限に発揮させることが必要である。このような状況下、素材管理技術や製品の品質管理技術の重要性は増すものと考えられる。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、薬剤を提供いただいた三井物産(株)、加圧注入処理実験にご協力いただいた富山県林政課、および各事務所A gの皆様、乾燥にご協力いただいた当該材料加工課、ならびに資源利用課の皆様には厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 疋田洋子, 古本正美, 西本孝一: 住宅の損傷と維持管理(第1報) 在来木造住宅の場合, 木材学会誌, 35(2), 90-99 (1989)
- 2) 井上 衛, 雨宮昭二, 松岡昭四郎, 鈴木憲太郎, 山本幸一: 浅川実験林苗畑の杭試験(8)-28年経過後の浅川実験林の防腐処理杭, およびその他の試験地の被害経過, 林試研報, 347, 1-33 (1987)
- 3) 久保隆文, 萩田信二郎, 大島正博: スギ7品種の心材における有縁壁孔対の閉鎖性と含水率との関連性, 第47回日本木材学会大会研究発表要旨集, 43, (1997)
- 4) 栗崎 宏, 鷲岡 雅, 塚本英子: 地域産スギの品種間における耐朽性, および薬剤注入性比較, 第46回日本木材学会大会研究発表要旨集, 429, (1996)
- 5) 栗崎 宏: 富山県地域材ブランド化事業 平成7年度成果報告書 (1996)
- 6) 蒔田 章: 外構材の耐朽性向上技術について (I)-ナフテン酸亜鉛処理木材の外構材への利用-, 木材保存, 20(4), 201-205 (1994)
- 7) 蒔田 章: 外構材の耐久性向上技術について (II)-ナフテン酸亜鉛処理木材の外構材への利用-, 木材保存, 20(6), 307-311 (1994)
- 8) 矢田茂樹: 屋外設置木製品の劣化, 木材保存, 15(4), 150-156 (1989)
- 9) 矢田茂樹: 最近の外構施設と劣化防止対策, 木材保存, 17(4), 150-158 (1991)

Summary

To discuss the treatability of sugi poles, specimens involving different dried conditions (i.e. initial density), length, and variety were treated with the 5% Tanalith CuAz solution by the pressure process, and the gross retention and penetration were examined.

The main results are summarized as follows.

- 1) The gross retentions decreased as the initial density of the poles increased. The retention achieved at density levels above 500kg/m³ was 1/2~1/3 of that at lower density level.
- 2) Retentions achieved in the short poles (1m length) was about 30% higher than long ones (2m length), but not obviously at higher density levels.
- 3) Boka sugi showed a higher retention of about 10% than Tateyama sugi.
- 4) The penetration decreased and varied as the initial density increased. There were correlations between minimum penetration and density, and retention.