

# 微粒子化技術を応用した環境にやさしい木材保存剤の開発

加工技術課 岩坪 聡、農林水産総合技術センター 栗崎 宏、鈴木 聡

富山県立大学 楠井 隆史

## 1. はじめに

地球温暖化対策として、森林の炭素吸収機能や木材の炭素貯留機能の活用が注目されている。しかしながら、木材が腐朽やシロアリにより短期間で劣化すると、炭素貯留期間が大幅に減少する問題が指摘されている。これを防ぐには、木材保存剤による処理が効果的である。現在、木材保存剤は難溶性銅化合物をアミン等で水溶化したタイプが主流であるが、木材にアミン臭が残ることや、雨水により銅が溶出するなど問題があった。そのため、アメリカなどでは銅微粒子を用いた新薬剤が注目され始めている。本研究では、コスト的にも実用的な高圧湿式ジェットミル法を用いた微粒化技術により、金属微粒子の粒径制御を行い、作製された金属粒子の径と防腐防蟻性、耐溶脱性、木材への浸透性との関係を解明し、耐久性、環境適合性などの品質に優れた微粒子型木材保存剤を開発した。

これまで、銀や銅などの金属微粒子が腐朽菌に対し効果の有ることを明らかにしてきた。一方、それらを木材保存剤として使用するためには、木材の道管内部にそれら粒子の薬剤を注入する必要があるが、道管の大きさよりも十分に小さな微粒子を作製しなければならない。また、その分散状態も注入処理にとって非常に重要なパラメータであり、道管より大きい粒子が少しでもあるとそれが目詰まりをおこし、粒子がそれ以上内部に侵入しなくなると考えられる。つまり、表面から浅い処理しかできないことになる。これでは、長期間に及ぶ効果が期待できない。そこで、安価な銅をベースとした粒度の分布が木材注入に適したシャープなナノ粒子溶液からなる処理剤の作製を試みた。

## 2. 実験及び結果

### 2.1 銅微粒子剤の防腐防蟻性と粒子粒径の関係解明

銅複合微粒子を CSD(Chemical Solution Deposition)法で作製した。その後、作製した粒子の水溶液を高圧湿式ジェットミル法 *HJM* で、粉碎・微粒化処理を行った。噴射圧は 245MPa とした。水溶液中の粒度分布は、日機装社製のレーザードップラー方式の粒度分布計 UPA-UZ152 を用いて測定した。図 1 に作製した代表的な酸化銅粒子の粒度分布を示す。(a)は酸化銅単独の粒子作製後で、その面積平均径 MA(Mean Area Diameter)は、約 3200 nm の大きな 2 次粒子を形成していることが分かった。これを超音波による微粒化処理を行っても大きな変化はなかった。それに *HJM* 処理を行うことで(b)に示すように MA を約 1000 nm まで減少させることができた。しかしながらこの径では、数千 nm 程度とされる木材の道管に、作製した粒子薬剤を深く浸入させることはできない。そこで酸化銅粒子の凝集を妨げるために、この系に SiO<sub>2</sub> 微粒子を添加した。その結果、(c)に示すよ

うに、約 300 nm と 2000 nm の 2 つに分布のピークを持ち、全体の平均を示す MA が 750 nm の銅複合微粒子を作製することができた。その後 *HJM* 処理を行うことで、(d)に示すように、MA が 185 nm の酸化銅粒子を作製することができた。この処理により、粒度分布の最大径も 1000 nm 以下とすることができ、木材注入に伴う目詰まりも防ぐことができると考えられる。この処理方法で MA が 150~1500 nm の粒子を作製した。

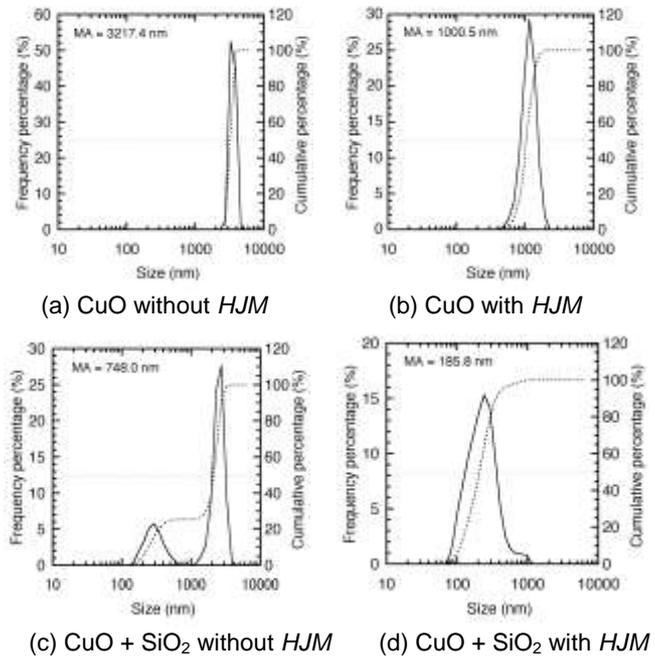


Fig.1 CuO particle size distribution for high-pressure jet milling process *HJM*.

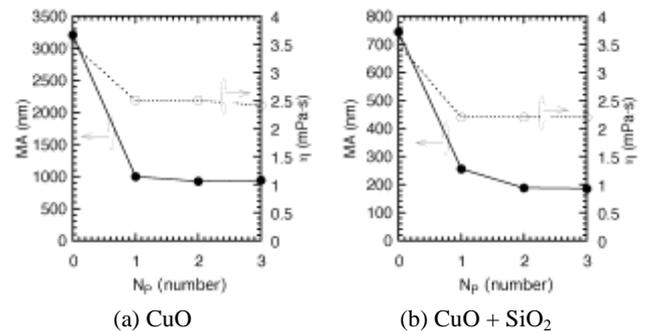


Fig.2 Dependence of particle size MA and coefficient of viscosity  $\eta$  on process number  $N_p$  of *HJM*.

一方、木材への注入処理を行う場合、液の粘度も重要なパラメータとなる。管内に流れる流体は、ハーゲン・ポアズイユの法則に従い、その流速は管径の 4 乗に比例し、粘度に反比例することが知られている。そのため、木材のような管径が小さくなる場合には、液の粘度が、その流動に非常に大きく影響すると考えられる。図 2 に、

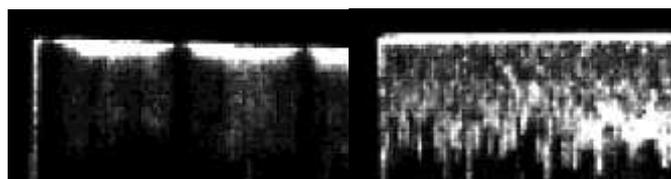
*HJM* 処理を行った 0.1 mol/l の濃度の溶液の MA と粘度  $\eta$  の変化を示す。(a)は銅単独粒子の場合、(b)は銅シリカ複合粒子の場合を示し、 $N_p$  は処理回数を示してある。一回の処理にて、十分な MA の減少があるとともに、 $\eta$  も 3.4 から 2.3 mPa·s へと小さくなることが分かった。つまり、*HJM* に適した粒子を作製することで、1 回の処理で微粒化処理が完了し、処理の低コスト化が可能になることが分かった。以上の結果から、*HJM* 処理により粒子の最大径を 1000 nm 以下とすることと、その MA の値を 185.8~1000 の範囲に制御した銅系微粒子が作製できることが分かった。次にこの溶液を県産スギ材の注入処理に適用し<sup>1,2)</sup>、以下の項目について検討した。

## 2.2 銅微粒子剤の環境影響の解明

作製した銅系微粒子剤を注入処理した木材が屋外で雨に打たれた場合、あるいは処理材を水辺で使用した場合、処理材から大量の銅が水へ溶出すると、環境への悪影響が懸念される。そこで、このような状況を想定した溶脱試験を行って、処理材から水へ溶脱する銅の量を測定し、環境影響を評価した。

## 2.3 県産材に対する銅微粒子の浸透特性の解明

微粒子剤が長期にわたってその防腐効果を持続するためには、その粒子が木材内部に深く浸透していなければならない。微粒子剤を注入した木材内部の銅分布を、微小蛍光 X 線装置で分析した。その結果を図 4 に示す。上部が木材表面で、その部分から注入処理を行った。白い部分が、銅が検出された場所を示している。*HJM* 処理を行っていない MA が 3000 nm の溶液を使用した注入処理の場合、銅が木材表面で詰まり、木材内部に深く浸入していないことが分かった。特に木目の有る部分では、全く注入されないことが分かった。一方、*HJM* 処理により MA を 1000 nm 以下にしたものは、銅が数 cm 程度、木材内部に浸入することが分かった。



(a) CuO solution without *HJM* (b) CuO solution with *HJM*  
Fig.3 Cu mapping of impregnated woods analyzed by micro XRF.

図 4 に、京都大学生存圏研究所生活・森林圏シミュレー

ションフィールド (LSF)にて、注入木材のシロアリに対するフィールドテストを行った結果を示す。試験期間は途中で 0.7 年後である。注入処理を行っていない木材には、木材内部に食害がみられたが、(b)の酸化銅の MA が 1000 nm 以下の注入木材では、そのような箇所は無かった。



(a) Blank (b) Impregnated woods  
Fig.4 Photographs of field test for termites.

## 2.4 銅微粒子剤の高濃度化技術と分散安定化技術の開発

現段階で試作している微粒子剤は、難溶性銅をアミンなどで水溶化した従来の銅系薬剤の原液より成分濃度が低く、実用化を進める上では薬剤の運搬・包材コストの点で不利である。つまり、銅微粒子の高濃度化を図る必要がある。一般に、安定な分散状態を得るためには、粒子間の静電反発領域が必要となるが、微粒化が進むほどその空間が多くなるために、その濃縮には限界がある。木材注入に不可欠な最大粒子系は約 1000 nm と考えられるため、この条件を満たすように高濃度化を図った。製造条件の調整によって、銅微粒子剤の濃度を 1 から 2mol/l 程度まで高濃度化できる可能性を見つけた。また、無機系分散助剤の配合により、分散安定性が向上することも明らかにした。

今後、液の分散性に関して、実際の防腐処理工場で行われている繰り返し注入などの安定性についても検討する必要がある、長期間にわたる試験の継続と作製した粒子溶液の製品応用を展開していく予定である。

「参考文献」

[1] 岩坪聡、尾塩岳治、土屋敬幸、「複合粒子の粉碎及び分散方法」、特願 2009-168792

[2] 岩坪聡、栗崎宏、「木材注入用防腐防蟻処理粒子液の作製方法」、特願 2010-196232

キーワード：抗菌、木材保存、ナノ粒子、細菌、銅

## Development of environment conscious wood preservative by application of atomization

IWATSUBO Satoshi, KURISAKI Hiroshi, SUZUKI Satoshi, KUSUNOKI Takashi

Solution of containing particles of CuO and SiO<sub>2</sub> were prepared by chemical solution deposition (CSD). The secondary particle size was controlled in the range between 160 and 1000 nm by high-pressure wet-type jet mill process *HJM*. Wood preservative for decay fungus and termites was prepared from the solution. Woods were treated with the solution containing particles of the various sizes. Field test for termites was carried out. The woods treated by the solution of containing particles size smaller than 1000 nm showed high efficacy against termites.