

県産材の屋外使用に向けた防腐・防蟻処理技術の開発

— ホウ酸系薬剤の浸透性向上と溶脱防止処理 —

工芸科 菊池圭祐* 村松重緒 田村克浩
エイ・エフ・エム・ジャパン株式会社 山下典子

Preservative and termitecidal treatment methods for outdoor use on Shizuoka prefectoral lumber

- Treatment to improve penetration of boric acid chemicals and prevent leaching -

KIKUCHI Keisuke, MURAMATSU Shigeo, TAMURA Katsuhiro and YAMASHITA Noriko

Shizuoka Prefecture is promoting the revitalization of local industry by increasing the use of prefectoral lumber. The use of wood contributes to proper forest management and a decarbonized society. In particular, outdoor use such as exteriors, where metal materials are often used, will lead to the increased use of wood. However, sugi and hinoki, which are the main timbers produced in Shizuoka Prefecture, need to be impregnated with wood preservatives (chemicals) because they are not durable enough for outdoor use if untreated.

Under these circumstances, we are developing a simple preservative treatment available to small and medium-sized companies using chemicals that do not require pre-drying or decompression/pressure injection treatment. In this report, we examined improvements to the penetration of boric acid-based chemicals into wood and techniques to control chemical leaching. Although polyethylene glycol complexed with disodium octaborate tetrahydrate (DOT) improved the penetration of DOT into wood, its resistance to leaching was very low. Therefore, silicone rubber emulsion was used to add water repellency to the wood surface, and it was found that the leaching of DOT could be inhibited.

keywords : Prefectural wood, Preservative and termitecidal treatment, Disodium octaborate tetrahydrate, DOT, Leaching

静岡県は、県産材の使用率向上による“地域産業の活性化”を進めている。木材を使用することは、森林の適正管理や脱炭素化社会にも貢献する。特に、アルミ等金属材料が多用されているエクステリアなどの屋外利用分を代替すれば、木材使用拡大につながる。しかしながら、県産材の中心となるスギやヒノキは、そのままでは屋外使用に対する耐久性が低いため木材保存剤（薬剤）を含浸する必要がある。このような中、我々は木材の事前乾燥や減圧加圧注入が不要な薬剤を用いて「中小事業者でも処理できる簡易な防腐・防蟻処理」の開発を進めている。本報では、「ホウ酸系薬剤の木材内部への浸透性向上」と「薬剤の溶脱を抑制する技術」を検討した。八ホウ酸二ナトリウム四水和物 (DOT) にポリエチレングリコールを複合化することで木材への浸透性が向上したが、耐溶脱性は非常に低かった。そこで、シリコーンゴムエマルジョンを用いて木材表面への撥水性を付与したところ、DOTの溶脱を抑制できることが明らかとなった。

キーワード：県産材、木材保存、八ホウ酸二ナトリウム四水和物、DOT、溶脱

* 現 環境エネルギー科

1 はじめに

静岡県は、全国的にも豊富な人工林を有し、その約9割が木材利用の適齢期である40年を超えており。しかし、木材利用は低調であり、林業生産活動は停滞し、森林の有する多面的機能の低下が懸念される状況となっている。このような現状において、県産材の需要を拡大することは、林業の再生と森林の適正な整備・保全につながり、山村をはじめとする地域経済の活性化に加え、森林の有する多面的機能の持続的な発揮に資するものである¹⁾。

木材利用率を向上させるため、近年は屋外使用が注目されており、外構部の木質化に対する国の支援事業等も立ち上がっている。木材を屋外で使用する際には、腐朽やシロアリ対策のため、木材保存剤を含浸させる防腐防蟻処理が必要である。従来の防腐防蟻処理では、乾燥機や圧力釜、インサインジング機を要し²⁾、設備の整った所でしか行えない。

そこで我々は、木材への拡散浸透性に優れるホウ酸系薬剤を用いることで、特別な設備を要しない「中小事業者でも処理できる簡易な防腐防蟻処理」の開発を進めている。ホウ酸系薬剤は、一般的に雨水によって木材から溶脱してしまうため、屋外使用には適用できないとされている。本研究では、「木材への拡散浸透性をさらに向上させたホウ酸系薬剤の溶脱性の評価」と、「耐溶脱性を改善するための溶脱防止処理」を検討したので報告する。

2 方法

2.1 試験片の作製

JIS K 1571に準拠し、防腐試験用（木口面：5mm×20mm、板目面：5mm×40mm、柾目面：20mm×40mm）および防蟻試験用（木口面：10mm×10mm、板目面：10mm×20mm、柾目面：10mm×20mm）の試験片を作製した。防腐試験用の試験片は、エポキシ樹脂（ネオゴーゼー#6000、神東塗料株式会社）を木口面に塗布して塞いだ。試験片は室温20°C・相対湿度65%（恒温恒湿条件）に設定した部屋で7日以上養生した。

2.2 薬剤処理

薬剤として、八ホウ酸二ナトリウム四水和物(DOT)を用いた。DOT単独使用(DOTのみ)と、ポリエチレングリコール(PEG)との複合化使用(DOT+PEG)の2条件を検討した。PEGは一般的に木材の寸法安定剤として用いられ、乾燥時の木材纖維間の収縮を抑制する作用があることが知られている³⁾。ここでは、PEGによって木材纖維間が広がっている状態を維持することで、DOTをより内部まで拡散させることを目的に複合化した。DOTのみは、ティンボアPCO®（株式会社エコパウダー）をイオン交換水に溶解し約15wt%の濃度になるよう調製した。DOT+PEGは、DOT:PEG=40:60の重量比で複合化されているボラケア®（ナイサス社）をイオン交換水で4倍希釀（体積比）して用いた(DOT濃度としては約13wt%)。調製した薬剤に、2.1で作製した試験片を含浸し、試験片1m²あたり110±10gの吸収量となるよう処理し（防腐試験用は木口以外の面積で計算）、恒温恒湿条件で7日以上養生した。

溶脱防止処理に用いる薬剤として、ナフテン酸銅系薬剤(QNAP®、ナイサス社)、シリコーンゴムエマルジョン(ウッドエイドライト®、日本マテリエイド株式会社)、亜鉛酸化物系薬剤(WA-F®、日本マテリエイド株式会社)を採用し、それぞれDOT処理済み試験片に対し、表面1m²あたり25～35gの吸収量となるよう刷毛で塗布した。

以降、上記溶脱防止処理を施したサンプル名を順に+Cu、+Si、+Znと示す。

2.3 溶脱操作

JIS K 1571に準拠し、試験片をその体積の10倍量のイオン交換水に浸せきし、室温で5時間静置した。その後、試験片を取り出し表面を軽く拭き、40°Cの恒温槽で19時間以上乾燥した。この操作を10回繰り返した後、試験片を60°Cの恒温槽で48時間以上乾燥した。10回の溶脱操作で得られた溶脱液は、以降のICP分析に用いた。

2.4 DOTの含浸状況と耐溶脱性の評価

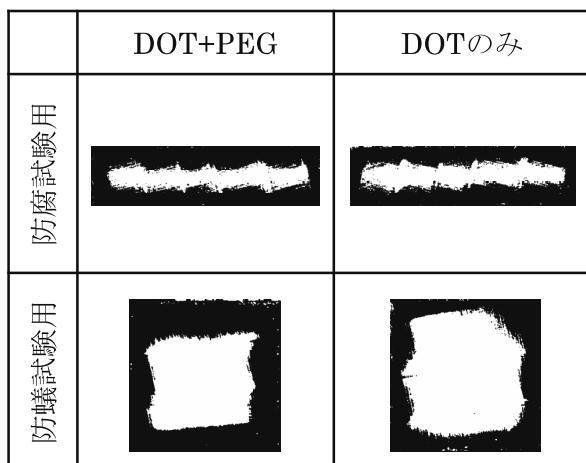
試験片の長手中央の断面を切り出し、これをDOT含浸状況の観察に用いた。JAS 1083に準拠して、クルクミンエタノール溶液（黄色）とサリ

チル酸を飽和させた塩酸（無色）を調製し、それぞれ順に試験片断面に噴霧してDOTが存在している部分を赤色に呈色させた。呈色させた面をスキャンしてデジタル画像を取り込み、二値化（赤色が黒、黄色が白）することで赤色部分の面積を算出した。面積算出は5本ずつ行い、比較には平均値を用いた。

溶脱操作で得られた10回分の溶脱液については、ICP発光分光分析装置（Avio 500、株式会社パーキンエルマージャパン）を用いてホウ素濃度を測定し、DOTの耐溶脱性を評価した。

3 結果および考察

図1に、DOTのみ及びDOT+PEGの溶脱操作前の呈色試験の結果を示す。ここではDOTの浸透度が平均に近いものを代表として載せた。防腐試験用、防蟻試験用とともに、防腐試験用では僅かな差であるが、DOT+PEGの方がDOTのみに比べて内部まで浸透している様子が確認できる。



※黒い部分にDOTが存在

図1 溶脱操作前のDOTの含浸状況

浸透度を数値化し、それらの平均値と標準偏差を図2にまとめた。防腐試験用、防蟻試験用とともに、PEGを複合化することにより、DOTのみに比べて防腐試験片では7%、防蟻試験片では36%浸透度が向上した。2.2に記載したPEG複合化の効果が予想通りに現れたと考えられる。

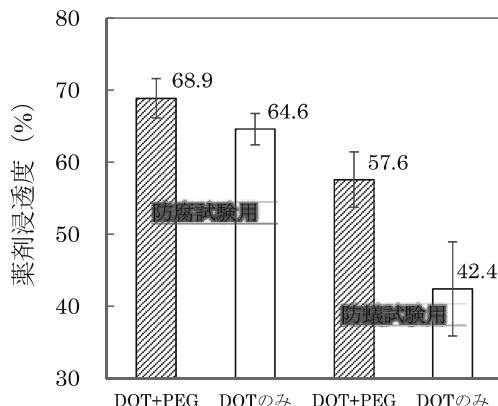


図2 木材へのDOT浸透度の比較

一方、10回の溶脱操作後の呈色試験の結果は、赤く呈色した部分が存在しなかった。溶脱液中のホウ素濃度を分析した結果を図3に示す。防腐試験用、防蟻試験用とともに1回目の溶脱液のホウ素濃度が非常に高く、2回目以降はほぼ平坦なグラフとなったことから、1回の溶脱操作でほとんどのDOTが溶脱したことが示唆された。

溶脱防止処理を施した試験片の断面呈色の様子を図4に示す（比較として溶脱防止処理を施していないDOT+PEGを記載した）。

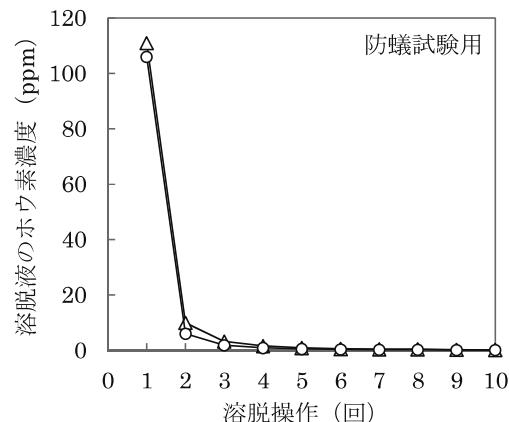
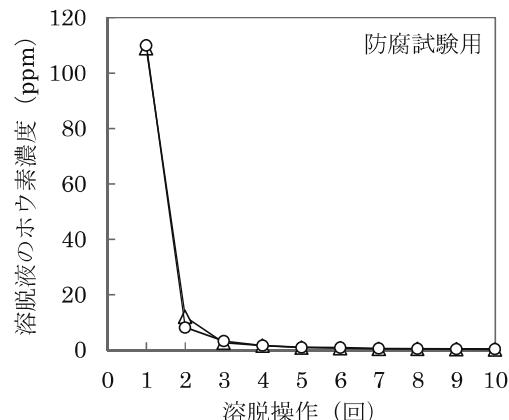


図3 溶脱液中のホウ素濃度

+Cuは表面付近にDOTが残存していたが、部分的に溶脱している所も確認された。+Cuにより溶脱を抑制できる可能性が示唆されたが、実際に処理した木材は青色に着色し、ナフテン臭も強く木質感が失われていたため、人が触れるような場所への実用には適さないと判断された。

+Siは広範囲でDOTの存在が確認されたが、表面付近が少ない状態となっていた。二重化すると白黒で境界が区切られてしまうが、実際には微妙に赤色も含まれているような色であったため、表面付近にもDOTは残っていると推察される。+Siはシリコーンゴムによる撥水効果を付与するため、表面で溶脱が進んでいた部分は撥水膜の欠陥の可能性がある。

+Znは、+Cuや+Siよりも白い部分が多く、DOTの溶脱を抑制する効果が比較的小さいことが伺える。+ZnはDOTと反応して水に不溶なホウ酸亜鉛（防腐防蟻効果もある）を形成するが、今回は反応が十分に進行しなかった可能性があり、処理温度を上げるなどの対策が必要である。

上記のほか、+Siと+Znを組み合わせた処理（+Si→+Znと+Zn→+Si）も検討し、それぞれDOTの存在が断面全体に亘って確認された。

図5に溶脱液のホウ素濃度から推定した試験片中のDOT残存率を示す。

いずれのグラフも溶脱操作1回目で52～87wt%のDOTが溶脱し、その後は変化が小さかった。1回目の溶脱量の違いが10回後のDOT残存率に大きく影響していると考えられる。10回の溶脱操作後のDOT残存率は、+Znが12wt%、+Siが28wt%であった。+Siと+Znの組合せ処理は、+Si→+Znが28wt%、+Zn→+Siが21wt%となり、+Siと同程度であった。呈色試験では+Siより+Siと+Znの組合せ処理の方がDOTの残存が広範囲で確認されたが、呈色試験による評価はあくまでも一断面を見ているに過ぎず、ICP分析によるDOT残存率は試験片全体の残存率を表していると考えられる。また、+Siと+Znの組合せ処理においては、+Zn→+Siの方が不溶物形成→撥水コートという処理手順になるため、耐溶脱性をより向上できると予想していたが効果が薄れるという結果となった。

以上の結果から、+Siは耐溶脱性を向上させる効果が最も大きいと考えられる。さらなる性能向

上には、2回塗布するなど撥水膜の質を高める検証が必要である。

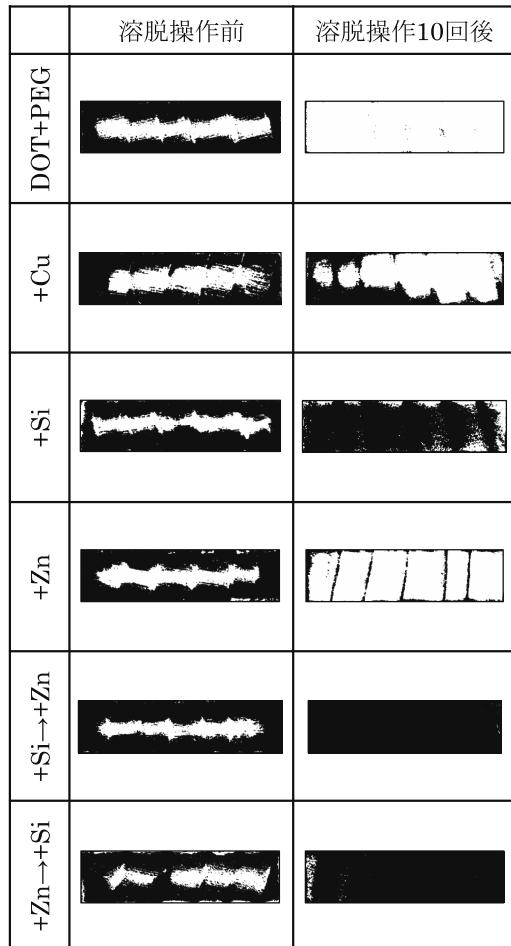


図4 溶脱防止処理によるDOT残存効果

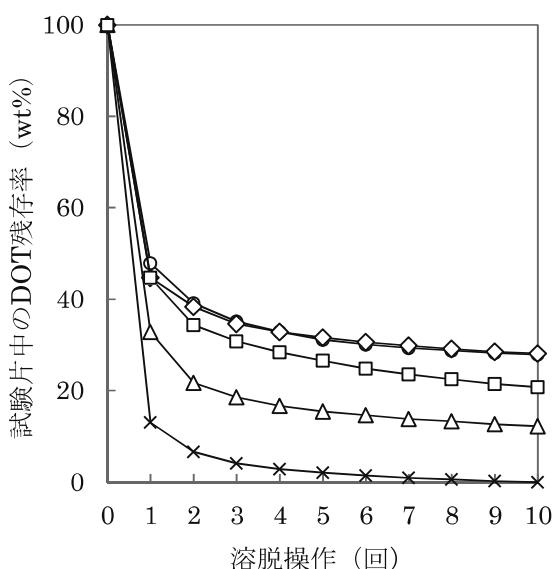


図5 試験片中のDOT残存率
◇ : +Si→+Zn、○ : +Si、□ : +Zn→+Si
△ : +Zn、× : DOT+PEG

4 まとめ

ホウ酸系薬剤（八ホウ酸二ナトリウム四水和物(DOT)）の木材への浸透性向上のため、ポリエチレングリコール(PEG)複合化を行った。またDOTの耐溶脱性を改善するため、木材表面への溶脱防止処理を検討した。その結果、以下のことが明らかとなった。

- PEGを複合化することで、DOTの木材浸透度が防腐試験片では7%、防蟻試験片では36%向上した。
- PEGの複合化によるDOTの耐溶脱性向上は見込めなかつた。
- 摩水力を有するシリコーンゴムエマルジョンを木材表面に処理することで、溶脱操作10回後においてDOTの溶脱を28wt%抑制できた。

参考文献

- 1) 木材需要拡大庁内会議：“ふじのくに”公共建築物等木使い推進プラン (2018.3公表)
- 2) 蒔田章：木材・木質材料の加圧式保存処理方法. 木材保存, 42 (3), 138-144 (2016).
- 3) 石丸優：PEGと木材のはなし. 木材保存, 19 (5), 2-16 (1993).