

スギから製造したセルロースナノファイバーを用いた木の美しさを長く維持する塗料の開発



森林資源化学研究領域 下川 知子・戸川 英二・野尻 昌信・渋谷 源・久保 智史・菱川 裕香子

木材改質研究領域 石川 敦子・小林 正彦・神林 徹 研究ディレクター 眞柄 謙吾

玄々化学工業（株） 大木 博成・今井 佳彦・何 昕

森林総合研究所では、スギ等の地域材からパルプを調製し、それを酵素・湿式解砕処理でナノレベルにまでほぐす一貫製造プロセスによりセルロースナノファイバー（CNF）を製造する技術を開発しました。木材用塗料との配合では、粘性が比較的低いCNFの方が粘性の高い塗料用樹脂と混合しやすいことが分かりました。そのため、汎用的なCNFよりも粘性の低いCNFを調製し、塗料へ均一に混ぜられるようになりました。CNF配合塗料を木材に塗装して促進耐候性試験を行ったところ、表面の割れが減少し、下塗りに用いた場合に表面の変色が抑制されました。開発した下塗り塗料は、「CNFシーラー」として実用化し、木製の食器や外壁の下塗り塗装に使用されています。

成果

一貫製造で作る木材用塗料に適したCNF

木質系バイオマスから得られるCNFは、木材中のセルロースを主とする多糖成分をパルプとして取り出し、その繊維を様々な方法でナノレベルにまで解繊して調製する軽くて丈夫な天然素材です。地域で得られる木質系バイオマスをCNFとして活用するため、中小規模でのCNF製造を可能とする、ソーダ・アントラキノン蒸解法によるパルプ化と、汎用機器を使用した酵素処理と機械的な湿式解砕を併用した酵素・湿式解砕法でナノ化を行う一貫製造プロセスを開発しました。このプロセスでスギから調製されたCNFは、幅が3～100nmであり、白濁した外観を示しました（図1a）。一般に、CNFを含む複合材料において、その性能を十分に引き出すためには均一な混合が必要です。一貫製造プロセスで製造した粘性の低いスギCNFは、粘性が高い塗料用樹脂とも容易に混合することができました（図1b、1c）。塗料に配合可能な性能を有するCNFの製造コストを削減するため、パルプ化における漂白工程の簡略化と製造スケジュールの見直しを中心に製造方法の改良を行いました。その結果、CNFの乾燥重量あたり、4,858円/kg（99t/年の製造規模）で製造可能との試算結果になり、開発を始めた当初の平成27年度に試算した製造コスト（改良前）と比べて二分の一以下となりました（表1）。

CNF配合による塗料の性能改良

木材塗装には一般的に、下塗り、中塗り、上塗りの3工程があります（図2）。CNF配合塗料を上塗りまたは下塗りに用いてスギ材を塗装し、人工太陽光と人工降雨による影響を調べる促進耐候性試験を行いました。塗料へCNFを配合することで、塗膜の割れ等の表面欠陥の発生が減少し、特に下塗り塗料（CNFシーラー）に用いた場合、表面の変色が抑制されました。図3は、CNFシーラーを用いることで木製食器の変色が抑制された例です。CNF配合によって、紫外線や酸素といった環境劣化要因を防ぐことが塗膜全体の安定化につながり、変色を抑制した要因の一つになったと考えています。

CNFシーラーの可能性

変色抑制効果が期待できるCNFシーラーを用いることで木製品に対して明確な美観維持効果が認められたことから、CNFシーラーの試験施工を実施しました。木材用塗料の実際の使用場面では、施工上の取り扱いの容易さや個々の設置環境での劣化の評価が必要です。そのため、工場でのスプレー塗装及び刷毛塗り塗装で木製ベンチやフェンス等にCNFシーラーを塗装し、経年観察を行っています（図4）。

現在、環境への配慮から、建築物の内外壁、家具、食器など、様々な用途への木材利用が広がっています。CNFシーラーを使用することで、これら木製品の美観を維持し、製品寿命を延ばす効果が見込まれ、木材需要の拡大が期待できます。

研究資金と課題

本研究は、林野庁補助事業「木材のマテリアル利用技術開発事業のうち新素材製造・利用技術開発事業」「地域材を活用したセルロースナノファイバーの用途技術開発」及び林野庁補助事業「林業イノベーション推進総合対策のうち新素材による新産業創出対策事業」「地域材セルロースナノファイバーを用いた木材用塗料の製造実証」による成果です。

文献

Magara K et al. (2021) Preparation of raw materials for cellulose-nanofiber blending water-based paints. Jpn Tappi J 75 (6) : 553-568.

石川敦子（他）（2019）酵素・湿式粉碎処理により製造されたセルロースナノファイバーを配合した塗料の性質。木材保存 45（2）：68-76

専門用語

ソーダ・アントラキノン蒸解法：アントラキノンという触媒を添加して、苛性ソーダ（水酸化ナトリウム）により木材をパルプ化する方法。

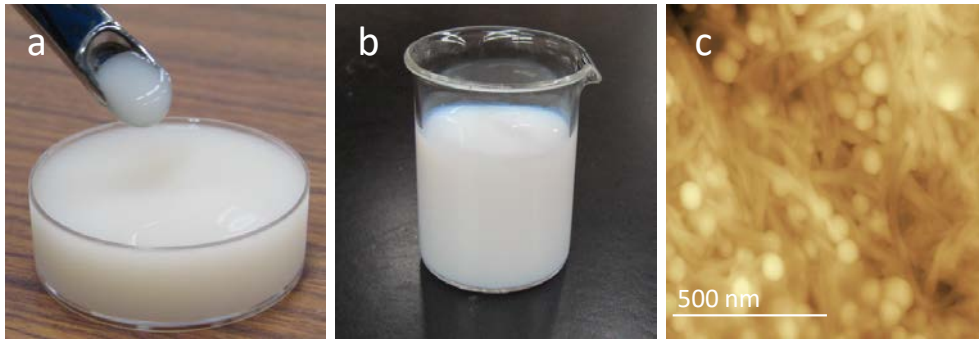


図1 一貫製造プロセスで製造したCNF (a)、CNFシーラー (b) の外観と、CNFシーラー塗膜表面の原子間力顕微鏡観察図 (c)

CNF懸濁液のCNF含有量は2.4wt%、CNFシーラー中のCNF含有量は1.5wt%です。

表1 CNF製造コスト試算の概要

項目	単位	改良前	改良後
製造コスト (CNF乾燥物)	円/kg	12,106	4,858
生産量 (CNF乾燥物)	t/年	35	99
生産効率	h/バッチ	24	8
機械設備費	%	100	90.5

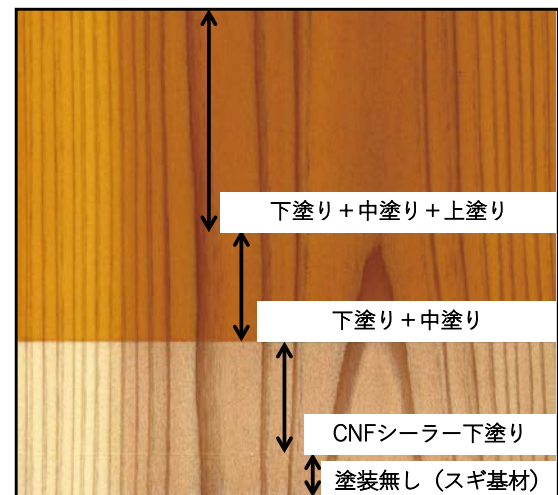


図2 CNFシーラーの塗装例

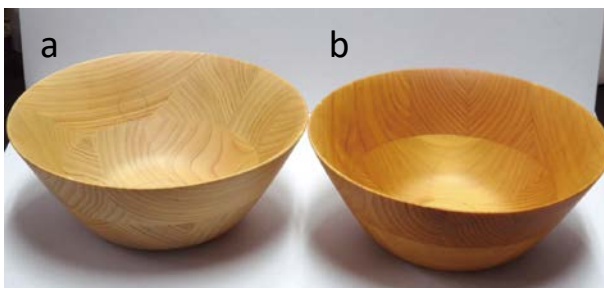


図3 木製食器を用いた紫外線暴露試験結果

CNFシーラーを下塗りに用いた場合 (a) と、用いない場合 (b) で変色程度に差が生じます。



図4 CNFシーラーを使用した木製外構柵の試験施工 (高知県嶺北森林管理署)