

環境配慮型の付着抑制技術 －疎水化 CNF の乳化を活用した水系コーティング剤

(花王) ○長谷川嘉則・竹内黎明・駒見成実・畑谷友亮・吉田穰

Sustainable Anti-Adhesion Technology: Aqueous Coating Agent Utilizing Emulsification with Hydrophobically Modified CNF (*Kao Corp.*) ○Yoshinori Hasegawa, Toshiaki Takeuchi, Narumi Komami, Yusuke Hatatani, Yutaka Yoshida

In our daily lives, we are suffering from various deposits such as dirt, and technology to prevent these easily is desired. A new anti-adhesion technology called "Slippery Surface," inspired by the pitcher plant, is gaining attention. This study utilizes sustainable cellulose nanofiber (CNF) to create a highly slippery and durable surface. The CNF is modified to be hydrophobic, allowing it to retain lubricating oil and prevent the adhesion of substances like bird droppings and snow. It is also applicable as a release agent in molding processes and has been commercialized as LUNAFLOW®. This contributes to improved work efficiency, cost reduction, and reduced environmental impact. Furthermore, the product is a water-based coating agent free from VOCs and fluorine, emphasizing environmental and health considerations, and contributes to sustainable manufacturing processes.

Keywords : Anti-Adhesion Technology, Cellulose Nanofiber, Slippery Surface, Pickering Emulsion, Release Agent

我々の暮らしを取り巻く構造物には日々様々な付着物があり、それを除去するために多大な労力や危険な作業を必要としている。具体的には鳥糞や落書きによる外観の悪化や不衛生状態、雪による危険作業や交通事故、製造・工事現場での樹脂や泥の付着による作業効率の低下や環境汚染等が挙げられる。

これらの付着物を防ぐ技術として、撥水表面が一般的に知られている。撥水表面は、フッ素コートや微細な凹凸構造を用いることで対象物をはじく特性を持つが、傷や高粘度の汚れには弱く、フッ素の使用による環境への影響が懸念されている。

このような課題に対して、潤滑液を用いて虫を滑らせ捕食するウツボカズラを模倣した「滑液表面」が新たな付着抑制技術として注目されている。本研究では、サステナブル素材であるセルロースナノファイバー（CNF）の緻密なネットワーク形成能、潤滑油の保持能を利用することで、高耐久性の滑液表面の作製を試みた。さらに、揮発性有機化合物（VOC）やフッ素化合物の排出がなく、環境にも使用者にも優しい水系のコーティング剤の開発を検討した。

天然材料であるセルロースを微細繊維状に解繊して得られる CNF は、高い機能性を持つサステナブル素材として注目されている。中でも、2,2,6,6-Tetramethylpiperidiny-1-oxy radical (TEMPO) 触媒の存在下で酸化され、カルボキシ基を導入された TEMPO 酸化 CNF は、約 3nm の均一な繊維径が得られ、優れた機械特性とネットワーク形成による高い液体保持能力を有し、多様な応用が期待されている。本研究では CNF のこれらの優れた特性を生かし、高機能な滑液表面の創出を目指した。しかし、CNF は親水性であるため、滑液性を実現するのに有効な疎水的な潤滑油を保持するために CNF の改質が必要であった。そこで、CNF 表面の遊離カルボキシ基にアミノ変性シリコーンを相互作用させることで疎水的に改質し、潤滑油との親和性を向上させるこ

とを試みた。

通常、疎水的な潤滑油と疎水的に改質した CNF（疎水化 CNF）を水中に分散させることは困難である。しかし、CNF が油層と水層の界面に吸着しやすい性質を活用し、乳化と疎水改質を同時に行うことで、潤滑油を疎水化 CNF でカプセル状に覆ったピッカリングエマルジョンを形成することに成功した (Figure 1)¹⁾。これを基板に塗布・乾燥させると、300 nm 程度のエマルジョン由来のカプセル構造が積層した膜を形成し、水滴がわずかな傾斜で滑り落ちる高い滑液性を示した (Figure 2)。

疎水化 CNF と潤滑油を組み合わせた高耐久性滑液膜は、鳥糞、雪、海洋生物、泥、菌などの幅広い対象物の付着を抑制するポテンシャルを有することを確認できた。また、成型加工の現場でもゴムや樹脂製品の成型時に型からスムーズに取り外すことができる離型剤としての応用が見出され、LUNAFLOW[®]として販売を開始した。この製品は完全水系のコーティング剤で、昨今求められている脱 VOC、脱フッ素に対応した設計であり、環境と作業者の健康に配慮されている。塗布・乾燥により、金型表面に疎水化 CNF/潤滑油の滑液膜が形成され、熔融樹脂やゴムが接触時に物理的に押しのけられにくく、かつ表面に薄いオイル層を形成することで高い離型性と効果の持続性の両立を可能にした。これにより、製造工程における作業効率向上とコスト削減、低炭素排出に貢献している。特に、頻繁な塗り直しが不要な点が大きな強みである。

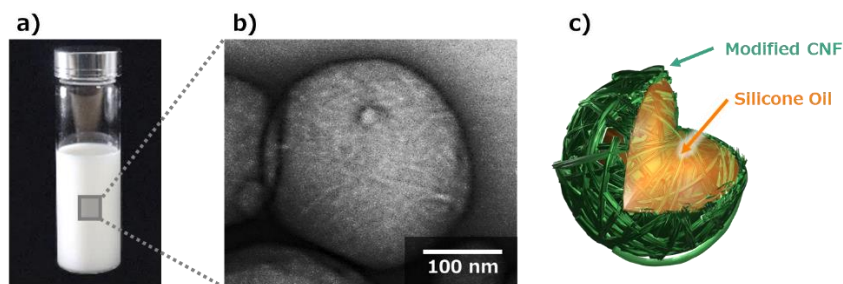


Figure 1. a) Photograph, b) STEM image and c) schematic illustration of modified CNF Pickering emulsion.

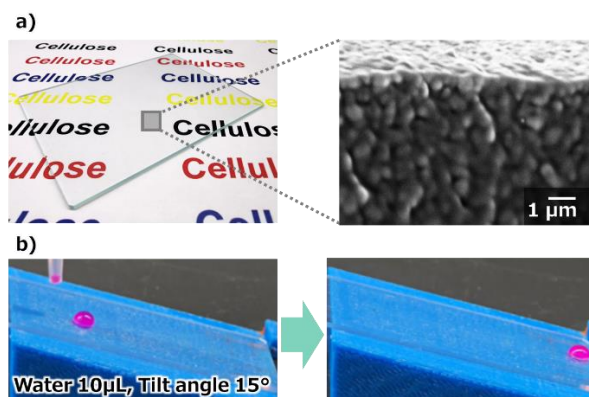


Figure 2. a) Photograph and SEM image of dried film prepared from modified CNF Pickering emulsion. b) Photographs of water droplet slipping on dried film of Pickering emulsion.

1) T. Takeuchi, et al., *ACS Applied Polymer Materials*, **2024**, 6, 8150-8158.