

Application News

No. S27

表面観察

自己修復型多機能薄膜（生物模倣素材） の評価 – その 1 – 修復過程の観察

生物が持つ機能や構造を模倣し、技術開発やものづくりに生かす分野として、Biomimetics（生物模倣）が注目されています。屈折率をゆるやかに変化させる蛾の目の微細構造を模倣して作られた反射防止フィルムや、流体抵抗を低減するサメ肌の表面構造を模倣した競泳用水着など、身近なものとして新たな機能を持った製品が実用化され、今後もより優れた機能を持つ新素材の開発が期待されています。

生物が自然に獲得した優れた機能や形状を人工的に模倣するためには、生物における生体機能、形状、素材成分、生態などを明らかにする必要があります。また、それらを模倣し、新素材を開発する過程においては、目的とする物質の成分や物性を評価する手法が必要となります。

本稿では、魚類体表を模倣して開発された自己修復型多機能薄膜の修復過程の観察を 3D 測定レーザー顕微鏡により行いました。

R. Fuji, T. Fujii

■ 素材概要

図 1 に、素材の概略図を示します。魚類体表を模倣して開発された自己修復型多機能薄膜は、水溶性ポリマーであるポリビニルピロリドン（PVP）と、アミノプロピル基を表面に付けたタルクに似たフィロケイ酸塩を基本組成とするナノメートルサイズの粘土粒子（AMP-ナノクレイ）からなる透明なゲル状の素材*1です。自己修復性に加え、超親水性、防曇性、抗菌性など複数の優れた機能をもち、めがね、ゴーグル、車両・建物用ガラス、太陽光発電パネルや、その他の産業機器への活用が期待されています。

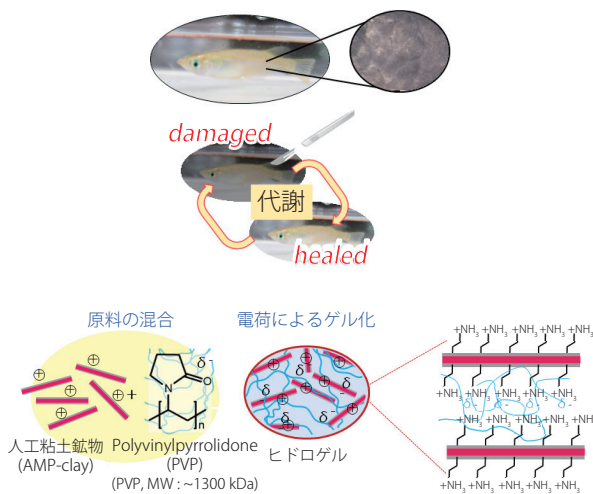


図 1 素材の概略図

■ 想定される自己修復メカニズム

自己修復型多機能薄膜の想定される自己修復メカニズムを図 2 に示します。損傷を受けた膜は、空気中の水分を吸収して膨潤し、表面移動と拡散によって傷を埋めていきます。さらに、PVP と AMP-ナノクレイの間の水素結合が再形成されて、膜が再生すると考えられます。

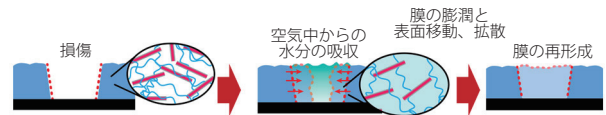


図 2 自己修復メカニズムの想定図

■ 修復過程の観察

ガラス基板上に形成した厚さ 50 μm 程度の自己修復型多機能薄膜に、外科用メスで傷を入れ、温度 25 $^{\circ}\text{C}$ 、湿度 80~90% の環境下で一定時間保管し、傷が修復する過程を観察しました。使用した装置は、図 3 に示す 3D 測定レーザー顕微鏡 OLS シリーズです。この装置は波長 405 nm のレーザー光と白色 LED 光を専用レンズを通して照射し、高分解能なレーザー観察像とカラー像が得ることができます。さらに 3D 形状計測や粗さ測定を非接触で行うことができます。なお、測定は大気環境下で行いました。

自己修復型多機能薄膜の成分分析および物性評価の結果については、「自己修復型多機能薄膜（生物模倣素材）の評価 – その 2 – 成分分析と物性評価（Application News No. A558）」*2をご参照ください。



図 3 3D 測定レーザー顕微鏡 OLS シリーズ

■ 観察結果

自己修復初期の膜の動きを観察するため、0 分後（傷を入れた直後）と 1、2、3、4 分後の断面プロファイルと比較しました。図 4 に結果を示します。傷が底面および側面から徐々に埋まっていく様子を捉えることができました。なお、0 分後の傷の幅は約 20~30 μm 、深さは約 50 μm です。

次に、完全に修復するまでの様子を観察するため、0、5、10、15、80、130、190 分後および 20 時間後の 3D 形状像を、同一の箇所を取得しました。図 5 に結果を示します。観察視野は 650 μm 四方です。開始数分後から修復が進み、20 時間後には元の通りに修復する様子を捉えることができました。

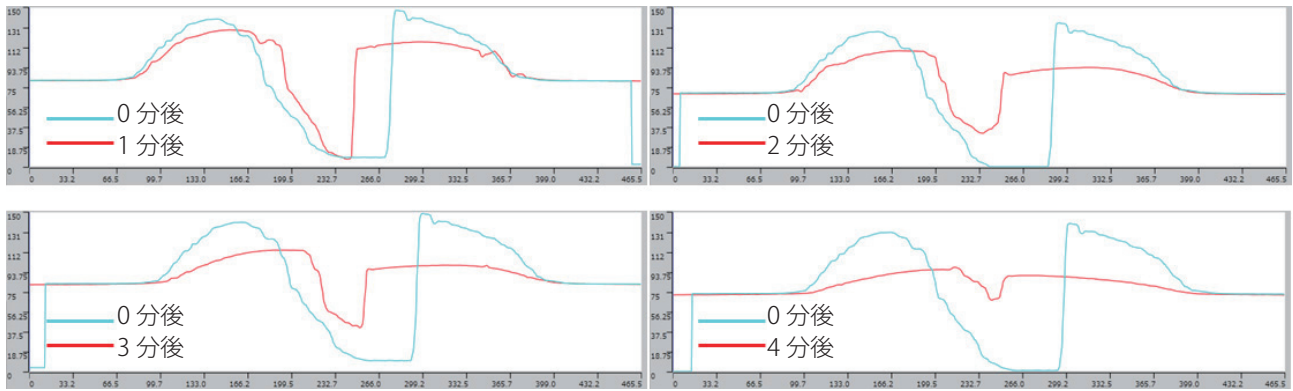


図4 断面プロファイルの比較

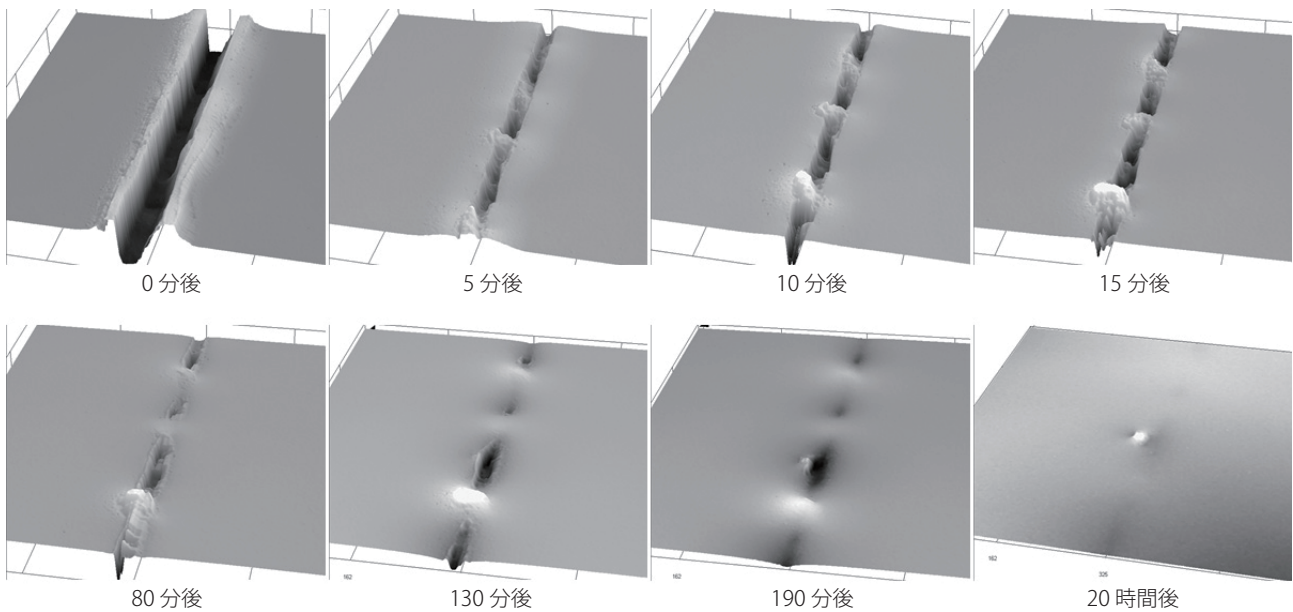


図5 修復過程の観察結果 (3D形状像)

■ 繰り返し修復性の確認

同じ箇所にて5回まで繰り返し傷を入れて、修復過程を観察しました。繰り返し2回目と5回目における0分後と20時間後の画像を図6に示します。5回目まで、いずれも20時間後には元の通りに修復することが確認できました。

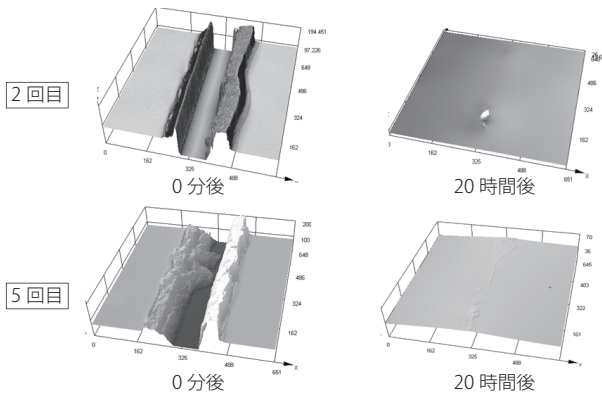


図6 繰り返し修復性の確認 (2回目・5回目)

■ まとめ

新素材の実用化に向けた評価例として、自己修復型多機能薄膜の修復過程の観察を、サブミクロンオーダーの観察が可能な3D測定レーザー顕微鏡により行いました。高倍率観察で鮮明な3D形状像を取得することにより、傷が底面および側面から修復する様子を捉えました。また、幅20~30 μm 、深さ50 μm 程度の傷が20時間後には完全修復すること、繰り返し修復性があることを確認しました。

<謝辞>

試料のご提供、および評価にあたり御指導いただきました、国立研究開発法人 産業技術総合研究所 佐藤知哉様、穂積篤様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- *1 Matt W. England, C. Urata, Gary J. Dunderdale, and A. Hozumi, ACS Appl. Mater. Interfaces, 8, 4318 (2016)
- *2 Application News No. A558「自己修復型多機能薄膜 (生物模倣素材) の評価 - その2 - 成分分析と物性評価」