SHIMADZU
Excellence in Science

Application News

No. A558

光吸収分析

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

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箇所の成分分析を赤外顕微システムにより、物性評価を微小硬度計により行いました。

R. Fuji, K. Sobue, C. Oya, T. Nishimura

■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。

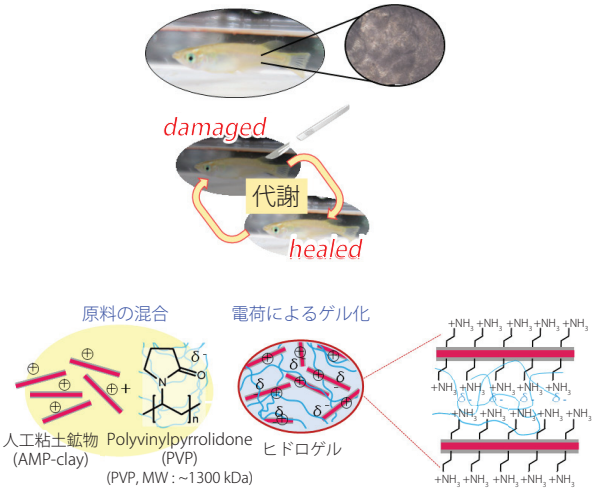

図 1　素材の概略図

■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。

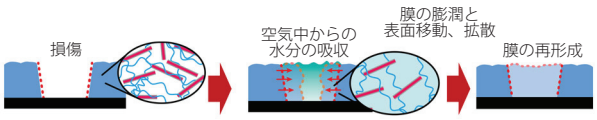

図 2　自己修復メカニズムの想定図

■赤外顕微システムによる成分分析

ガラス基板上に形成した自己修復型多機能薄膜に、外科用メスで傷を入れ、温度 25 ℃、湿度 80～90 %の環境下で傷を修復させた後、修復箇所とその他の箇所の成分分析を行いました。使用した装置は、図 3 に示す赤外顕微システム（フーリエ変換赤外分光光度計 IRTracer™-100（以下、IRTracer-100）＋赤外顕微鏡 AIM-9000）です。

3D 測定レーザー顕微鏡で観察した代表的な傷の様子を図 4 に示します。傷の幅は 30 μm 前後、深さは 50 μm 前後でした。修復過程の詳細な観察結果については、「自己修復型多機能薄膜（生物模倣素材）の評価 －その 1－　修復過程の観察（Application News No. S27）」[*2] をご参照ください。

図 3　赤外顕微システム（IRTracer-100（左）と AIM-9000（右））

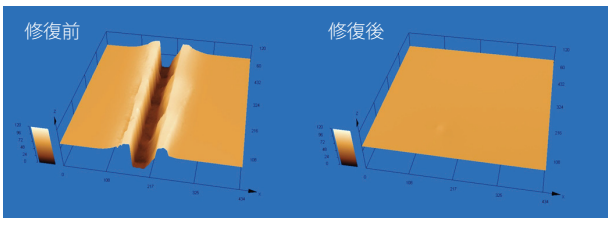

図 4　代表的な傷の様子

表 1 に測定条件、図 5 に測定結果を示します。測定は、温度 25 ℃、湿度 80～90 %の環境下で傷を修復させた後、大気環境下にて行いました。傷の修復箇所と左右に 100 μm の箇所の赤外スペクトルにおいて、顕著なピークの差は確認できませんでした。よって、修復した箇所の成分は元の通りであるといえます。

表 1　測定条件

装置	: IRTracer-100、AIM-9000
測定手法	: 反射法
分解	: 8 cm^{-1}
積算回数	: 100 回
アポダイズ関数	: Sqr Triangle
検出器	: MCT
アパーチャサイズ	: 20 μm × 200 μm
データ処理	: K-K 解析

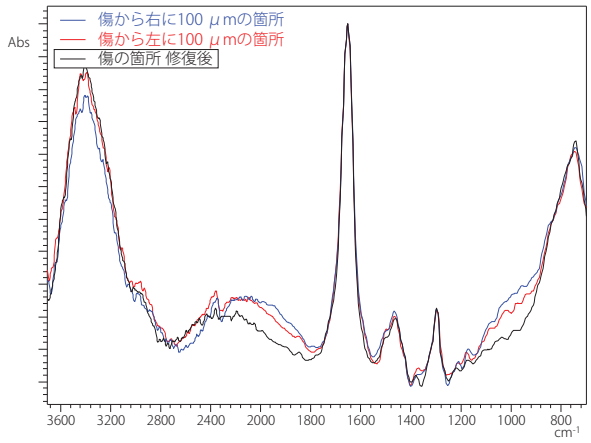

図 5　赤外顕微システムによる測定結果

■微小硬度計による物性評価

傷の修復箇所とその他の箇所の硬さ試験を、図 6 に示すダイナミック超微小硬度計 DUH-211 を用いて行いました。傷を修復させた後、大気環境下にて傷の箇所およびその他の箇所を 5 点ずつ測定し、マルテンス硬さを算出しました。表 2 に試験条件、図 7 に試験後のくぼみ画像、表 3 に試験結果を示します。なお、マルテンス硬さは以下の式より算出されます。

$$HM = F / (26.43 \times h^2)$$

F：最大試験力、h：深さ最大値

図 7 に示す傷の箇所の画像（上段）より、傷跡に 5 つのくぼみがみられ、正確な位置精度にて測定が行われたことが確認できます。また、表 3 の試験結果より、傷の箇所とその他の箇所のマルテンス硬さはほぼ同等であり、修復した箇所の物性（硬さ）は元の通りであることがわかりました。

図 6　ダイナミック超微小硬度計 DUH-211

表 2　試験条件

装置	: DUH-211
試験項目:	: 硬さ試験
測定圧子	: 稜間角 115° 三角すい圧子（ダイヤモンド製）
試験の種類	: 負荷一除荷試験
試験力（mN）	: 20.00
負荷速度（mN/sec）	: 1.9887
保持時間（sec）	: 5

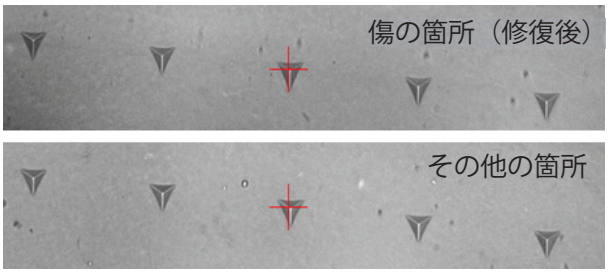

図 7　試験後のくぼみ画像（上段：傷の箇所、下段：その他の箇所）

表 3　ダイナミック超微小硬度計による試験結果

DUH-211 による硬さ試験結果（測定箇所 5 点の平均値）			
試料名	試験力 [mN]	深さ [μm]	マルテンス硬さ [N/mm^2]
傷の箇所	20.29	2.771	88.9
その他の箇所	20.23	2.789	87.5

■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箇所の成分分析を赤外顕微システムにより、物性評価を微小硬度計により行いました。損傷を受けた素材が成分・物性ともに元の通りに修復す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. S27「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」

IRTracer は、株式会社島津製作所の商標です。

株式会社 島津製作所 分析計測事業部 グローバルアプリケーション開発センター

初版発行：2017 年 12 月

島津コールセンター 0120-131691 (075) 813-1691

※本資料は発行時の情報に基づいて作成されており、予告なく改訂することがあります。
改訂版は下記の会員制 Web Solutions Navigator で閲覧できます。
https://solutions.shimadzu.co.jp/solnavi/solnavi.htm

会員制情報サービス「Shim-Solutions Club」にご登録ください。
https://solutions.shimadzu.co.jp/
会員制 Web の閲覧だけでなく、いろいろな情報サービスが受けられます。

アンケート

関連製品 一部の製品は新しいモデルにアップデートされている場合があります。

DUH™-211/210シリーズ
ダイナミック超微小硬度計

IRTracer-100
フーリエ変換赤外分光光度計

FTIRシリーズ カスタム製品
フーリエ変換赤外分光光度計

関連分野

- 工業材料・マテリアル
- 素材開発/研究
- 電気・電子

- 価格お問い合わせ
- 製品お問い合わせ
- 技術お問い合わせ
- その他お問い合わせ