

## 医療用繊維材料の XPS 分析

XPS (X線光電子分光法: X-ray Photoelectron Spectroscopy) は、物質表面の化学特性を評価するためのツールとして広く利用されています。イメージング手法をはじめとするここ最近の装置開発により、その利用範囲はさらに広がっています。商用や工業用繊維製品の分野において、産業界および一般消費者の要求に応える表面処理・コーティングの開発や最適化は、とても重要な課題です。これを助ける表面解析手法の一つとして、XPS は重要な位置を占めるようになりました。

ポリプロピレンやポリエステルなどでできたポリマーメッシュは、ヘルニアやその他の軟組織の欠陥を外科的に治療する際に用いられます。メッシュ材を用いることによりこの種の外科手術が進歩しましたが、それに伴って、移植が原因の感染症が発症する率も高くなりました。このようなメッシュから来る感染率を下げるためには、材料表面の特性を改善する必要があります。

医療繊維表面への機能付与やコーティングには、低圧プラズマおよび大気圧プラズマの利用が重要度を増しています。プラズマ処理によって、バイオフィルムや細菌との接着性を下げた (もしくは制限した) 新しい繊維材料が生産され、外科的手術や衛生面で応用されています。

ここでは、プラズマ表面処理を施した医療用繊維材料を、XPS を用いて分析した例をご紹介します。

S. Watanabe

### ■ 分析試料について

試料には、PEG (ポリエチレングリコール) をプラズマコーティングした PP (ポリプロピレン) 製メッシュを用いました。図 1 に PEG と PP の構造式を示します。XPS スペクトルおよび XPS イメージングにより、コーティングの被覆度を評価しました。

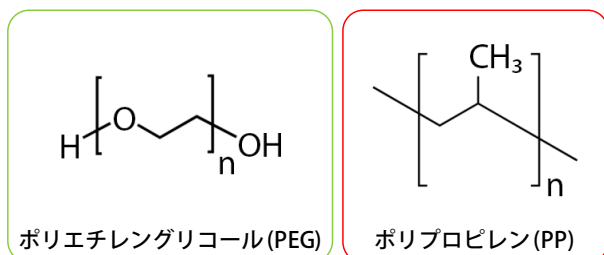


図 1 PEG および PP の構造式

### ■ サーベイスペクトル測定

まず、表面に PEG が存在することを確認するために、試料のサーベイスペクトルを測定した結果を図 2 に示します。PP は酸素を含まないため、未処理の PP メッシュ表面からは酸素が検出されません。今回はスペクトル上に強い酸素ピークが認められたことから、PEG コーティングが存在することがわかります。

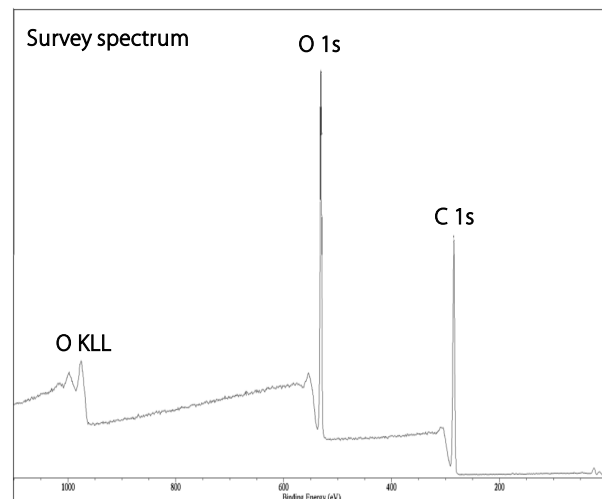


図 2 PEG コーティングした PP のサーベイスペクトル

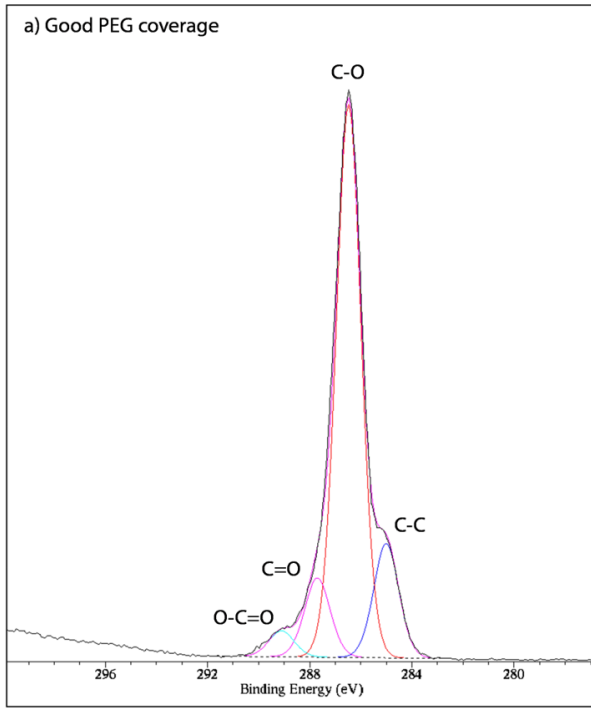
### ■ C 1s スペクトル波形分離

高分解能 C 1s スペクトルを測定することにより、化学状態およびコーティング被覆率の評価が可能です。

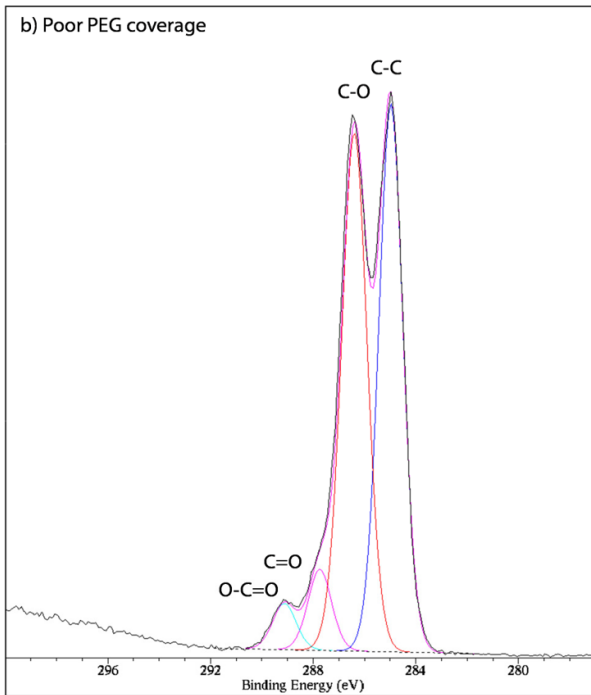
C-O 結合が多く検出される PEG コーティングは、PEG の被覆率が高いことを表します。

図 3a と図 3b に、コーティング被覆度の異なる 2 種類の試料から得た C 1s スペクトルの波形分離結果を示します。

図 3a) の C 1s スペクトルには、強い C-O 結合ピーク (結合エネルギー 286.5 eV) が見られます。これは、PEG の被覆率が高いことを示します。一方、図 3b) では C-C 結合ピーク (結合エネルギー 285.0 eV) が比較的高く観測されており、PEG の被覆率が低いことを示します。



a) PEG 被覆率の高い PP メッシュ



b) PEG 被覆率の低い PP メッシュ

図3 PPメッシュのC1sスペクトル波形分離

## ■ XPS イメージング

スペクトル測定に続き、XPS イメージを測定してコーティング被覆率を観察しました。図4は、プラズマ処理が不完全なメッシュにおいて、C-C, C-Oのエネルギーで測定したC1s光電子イメージの重ね描きです。PEG コーティングが不完全なため、PP メッシュ材 (赤色のエリア) が表面に現れていることがわかります。

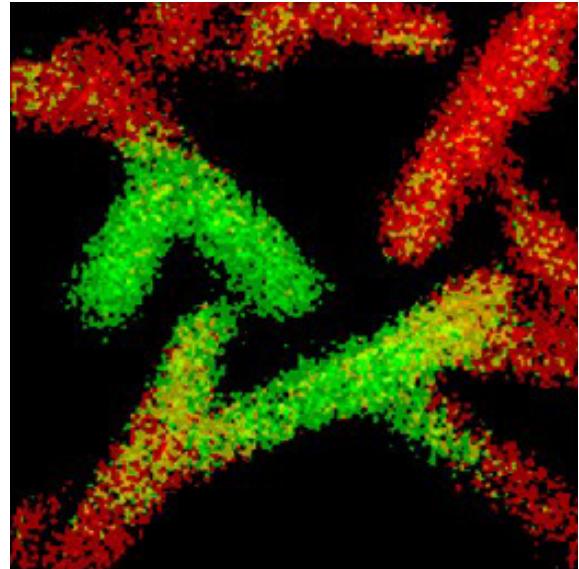


図4 PEG コーティングを施した PP メッシュの化学状態 XPS イメージ  
 緑：C-O 結合のエリア (コーティング被覆率が高い)  
 赤：C-C 結合のエリア (コーティング被覆率が低い)  
 視野サイズ：0.8×0.8 mm

## ■ まとめ

PP メッシュにコーティングされた PEG を、XPS により評価した例を紹介しました。XPS は、スペクトル測定による化学結合状態の解析だけでなく、化学状態別のイメージ測定により、コーティングの被覆率を観察することが可能です。

また、XPS の定量性を利用すると、PEG コーティングの化学的状態や被覆度合いを、プラズマ処理条件の関数として定量化することが可能です。このように XPS は、PEG コーティングの抗接着特性を最適化するためのツールとして重要な役割を果たす可能性を持ちます。この手法はさらに、例えば PEG コーティング製品に対する滅菌処理 (オートクレーブ、ガンマ線照射、酸化エチレン処理など) の効果や、PEG コーティング材を使用したパッケージングや保管容器の性能を評価するために利用することも可能です。

外科医療用メッシュのコーティングの被覆率評価は、プラズマ処理技術において大きな課題であり、XPS はこの技術分野の開発に重要な役割を果たしています。