

誘電・絶縁材料等の物性評価と機能の発現

岐阜工業高等専門学校・電気情報工学科・所研究室

<http://www.gifu-nct.ac.jp> tokoro@gifu-nct.ac.jp



シリコンゴムなどの撥水性ポリマー材料の初期劣化過程を、表面とバルクの両面から解析・診断する技術の開発を、画像解析や高電界誘電計測により行う。

keywords; 誘電特性、tan、撥水性、シリコンゴム

表面状態の高電界誘電特性による診断



図1. 高電界誘電特性測定系と表面設置くし形電極系

表1. 高電界誘電特性測定系でできること

交流損失電流の大きさ
容量電流の非平衡分の大きさ
交流損失電流波形(高調波成分含む)
C、tan と各高調波スペクトルを
交流印加電界の一波形毎に測定可能
非線形応答時も含めて測定可能
絶縁破壊まで任意の印加電圧パターンで測定可能

豊橋技術科学大学・長尾研究室や沼津高専・遠山研究室との連携の下、ポリエチレンなどの高分子材料の高電界誘電特性の計測技術の改良を進めている。主に商用周波数領域の交流電界を試料に印加して、その容量性の電流から損失電流成分を、その非線形応答も含めて波形計測することを可能としている(表1)。この研究に関係した主なシーズは以下の通りである。

1. 試料バルクの高電界誘電特性測定用の電極系の開発

主電極端部での試料材料以外への電気力線の侵入を防ぐため、ガード電極を主電極上まで拡張した新しい平行平板電極系を遠山らと共に開発した。この電極系により、試料絶縁破壊に至るまでの交流損失電流や試料容量の電界依存性、試料中への空間電荷層形成に関係した容量電流の変化を、印加電圧1波形毎に測定可能とした。

2. 試料表面状態のくし形電極を用いた計測手法の開発

上記とは逆に電極端部での電気力線の漏れを積極的に利用することにより、くし形電極系を試料表面に設置し、その試料内部への漏れ電気力線を利用した誘電計測を上記システムにより可能とした。くし形電極系を用いることにより、試料表面の撥水状態の同時観測や電極間の水滴の交流電界下における動的挙動の誘電計測も可能となり、試料表面および内部の誘電計測が同時に可能となった。内部誘電特性の検出深さはくし形電極系の間隔で変更可能である。

3. FFT波形解析システムの開発

時間領域のサンプリング波形と、測定系の伝達関数を用いることにより、デコンボリューション処理を正確に実施するシステムを開発した。特に、商用周波数領域における電気絶縁材料の高電界誘電特性など、交流波形に対しての自動解析を可能としている。

撥水性の画像計測による診断

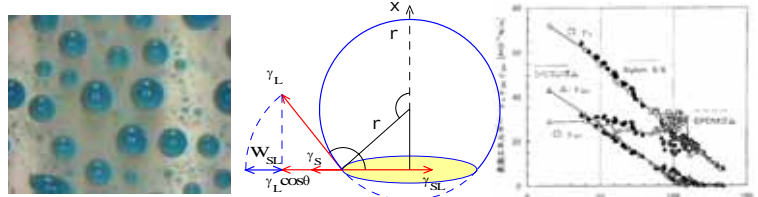


図2. 水滴の撥水性と表面自由エネルギーの関係

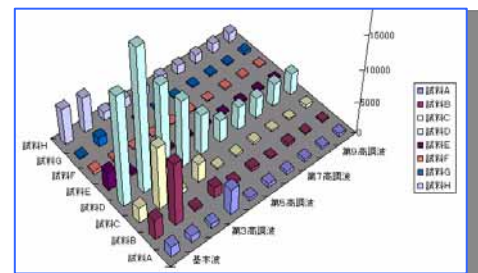


図3. 交流電界下における試料表面上水滴の動画画像解析結果

シリコンゴムなどの撥水性材料は、現在、電気絶縁材料としての利用が急速に進みつつある。また、撥水材料は土木・建築材料や車など、日常生活でも多くの分野に利用されている。このシーズでは撥水性の測定を通して、材料の比較や劣化診断を行うため、定量的な撥水性の計測・評価技術の開発を進めている。また、電気学会の「ポリマーがいし材料表面の放電特性評価と劣化現象」調査専門委員会に参加し、高分子材料表面に設置した水滴を動画画像解析や誘電計測し、撥水性の定量的な評価を進めている。画像計測関係のシーズは以下の通りである。

1. 試料表面の撥水状態の画像解析による定量化手法の開発

一般に、初期の良好な撥水性が低下し始めると、水滴の接触角の低下に加えて、その固体面との接触面積(界面)の大きさの増加と、水滴の円形度の低下が観測される。このような撥水性を評価するための IEC 規格 62073 を考慮した、撥水画像の定量化手法を開発した。また、現在の IEC 規格の改訂に向け、電力中央研究所の本間氏等とともに電気学会調査専門委員会を新規に立ち上げていく。

2. 試料表面の撥水状態の動画を画像解析手法の開発

交流電界下における水滴は、撥水状態と関係した振動現象などを発現する。この水滴の動的挙動を高速度カメラを用いて動画画像解析し、その画像パラメータのスペクトルを評価可能としている。

3. 試料表面の紫レーザーフォーカス顕微鏡による観測

撥水性は試料表面の粗さにも影響される。表面粗さの 3D 計測が可能なレーザー顕微鏡を用いて、マイクロな表面形状を観測し、その計測結果を各種粗さ指標として解析する手法を開発している。ここでも試料表面粗さのスペクトル解析などを可能としている。