

高分子電気絶縁材料の誘電特性計測を用いた劣化診断に関する研究

Deterioration Diagnosis of Polymer Insulating Materials by Dielectric Properties

報告者 片山 祐輔 (Yusuke Katayama)

指導教官 所 哲郎 (Tetsuro Tokoro)

1. まえがき シリコンゴムなどの高分子材料は優れた電氣的・物理的特性を有しており、交流電界下における高分子電気絶縁材料として広く用いられている。従って、これらの劣化診断指標としてその高電界誘電特性を把握することは大変重要である。

今回、本研究室が開発した電流比較型高電界誘電特性測定システムを用いて、トリイーニング劣化試料の部分放電発生を観測結果と、交流電界下における試料表面の水滴形状の動的変化を、誘電特性を用いて診断・評価した結果について報告する。

2. 試料及び実験方法 試料内部での部分放電発生に関する評価試料として、針-平板電極系をエポキシ樹脂でモールドし、トリイーニング劣化を起こした試料(No.1)と未劣化の試料(No.2,3)の3つの試料を用いた。図1にその概略図を示す。針電極の曲率半径は $40\mu\text{m}$ 、針-電極間距離は 3mm である。劣化試料にはあらかじめ 150°C にて、 50Hz で 12kV の交流電圧を4時間印加してトリイーを発生させてある。実験は試料に 50Hz で $10\text{k[V}_{\text{P-P}}]}$ の交流ランプ電圧波形を印加し、電流比較型の高電圧 $\tan\delta$ -キャパシタンスブリッジに DSP を用いた高電界誘電特性解析システムを用いて測定を行った。

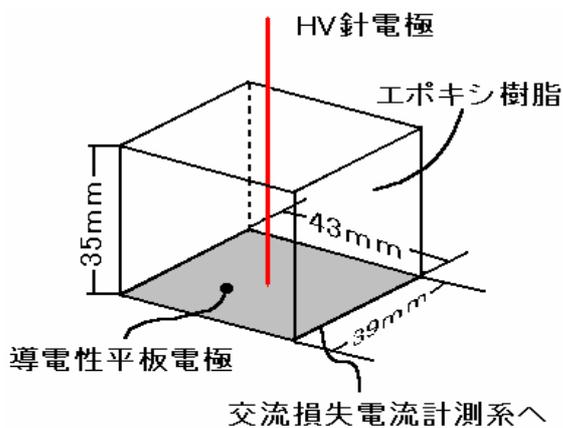


図1 トリイーニング劣化試料の概略図

次に、交流電界下における水滴の動的挙動の誘電特性による評価を行うため、HTVシリコンゴム試料を用いた測定を行った。恒温槽中の絶縁体の上に試料を置き、その上面にステンレス製くし形電極系を設置し、周波数 29Hz で $4\text{k[V}_{\text{P-P}}]}$ の交流ランプ電圧波形を印加した。そして電流比較型の高電圧 $\tan\delta$ -キャパシタンスブリッジを用いて高電界誘電特性の測定を行った。測定に際しては、試料表面に水滴を設置した状態と設置しない状態で測定を行い、両者の差分をとることにより、水滴の形状変化による誘電特性変化の検出を、試料表面上の電流成分の評価から試みた。実験はくし形電極間に $20\mu\text{l}$ の水滴を1~3個設置し、電極間距離を 6mm として測定を行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 トリイーニング劣化の観測 各試料のブリッジの同調を取った後、周波数 50Hz 、最大振幅 $10\text{k[V}_{\text{P-P}}]}$ の交流ランプ波形を印加した。交流損失電流 I_{xr} と容量電流不平衡分 ΔI_{xc} の印加電圧依存性をそれぞれ図2と図3に示す。図2より、未劣化試料と劣化試料の I_{xr} を比較すると、未劣化試料(No.1)からは部分放電による I_{xr} の急増が見られないが、劣化試料(No.2,3)は印加電圧波高値が 3kV 付近から部分放電が発生していることが観測され、最大印加電圧での電流値が未劣化試料の値を上回ることが分る。また図3により ΔI_{xc} の比較をすると、 I_{xr} と同様に劣化試料に同じ電圧以上での部分放電が観測されるが、 ΔI_{xc} の印加電圧依存性の方がより明確に部分放電の観測が可能である事が分る。

3.2 水滴の設置による誘電特性の変化 交流電界下における水滴の動的挙動の誘電特性による評価を行った結果を図4~図6に示す。図4は蒸留水、図5は高導電率の食塩水、図6は表面張力の低下した水

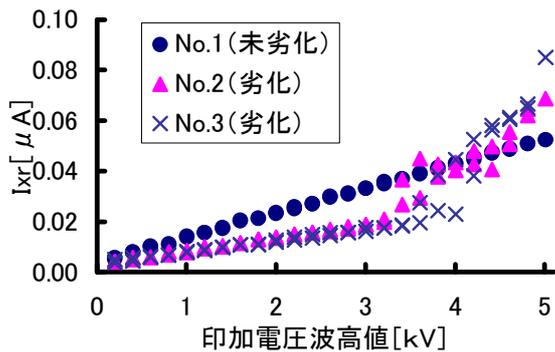


図2 損失電流 I_{xr} の印加電圧依存性
(交流 50Hz、DSP 平均化 100 回)

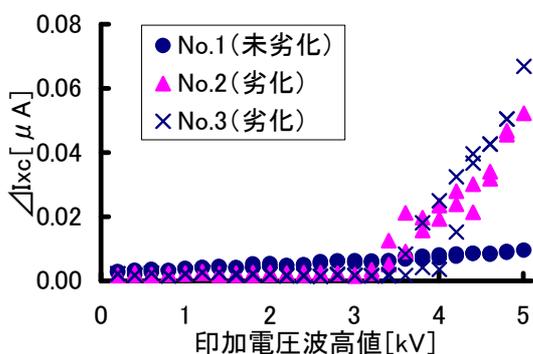


図3 容量電流不平衡分 ΔI_{xc} の印加電圧依存性
(交流 50Hz、DSP 平均化 100 回)

溶液を用いて水滴を形成した場合の結果で、容量電流の不平衡分である ΔI_{xc} を用いて評価した。図 4～6 より、水滴の個数が多くなるにつれ、 ΔI_{xc} の値はグラフの傾きからも分かるように大きくなる。また印加電圧にほぼ比例して大きくなっている。水滴の種類についての比較をすると、図 4 と図 5 の蒸留水と食塩水の測定結果はあまり大きな変化は見られないが、図 6 の表面張力が低下している水溶液の結果は ΔI_{xc} の値が大きく増加していることが分る。これらの結果は、試料表面上に水滴を設置することにより、ブリッジの平衡による同調成分が水滴の存在によって変化し検出された結果と考えられる。また水滴の種類と比較により、表面張力の低下による水滴の形状変化が結果に大きく影響することが示唆される。

4. まとめ 高電界誘電特性測定システムを用いて実験した結果、トリッキング劣化試料の部分放電の発生を I_{xr} 、 ΔI_{xc} により観測可能となった。また、試料上に設置した水滴の、交流電界下における形状変化が誘電特性に大きく影響することが示唆された。

今後の課題として、一定交流電圧印加によるトリッキング劣化の伸展評価ならびに、試料上の水滴の動的変化と誘電特性の動的変化の関連性についての検討を進めていく。

参考文献

片山, 所 他:平成 13 年度電気関係学会東海支部連合大会, 218, 2001

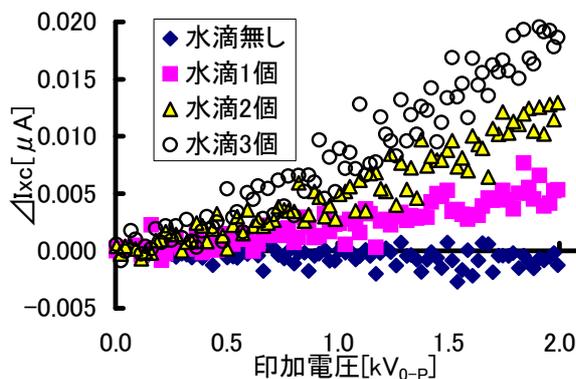


図4 水滴の設置による ΔI_{xc} の変化[蒸留水]
(導電率 $5 \mu S/cm$ 、表面張力 $72.8 mN/m$)

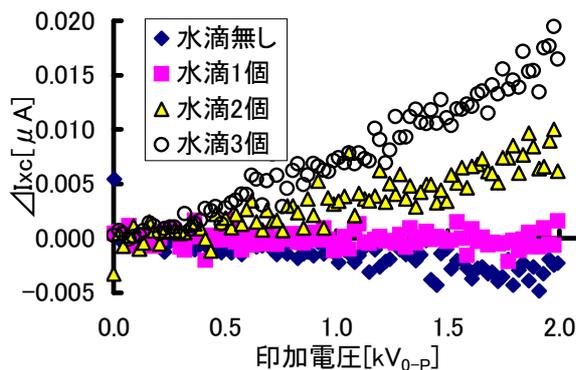


図5 水滴の設置による ΔI_{xc} の変化[食塩水]
(導電率 $9100 \mu S/cm$ 、表面張力 $72.8 mN/m$)

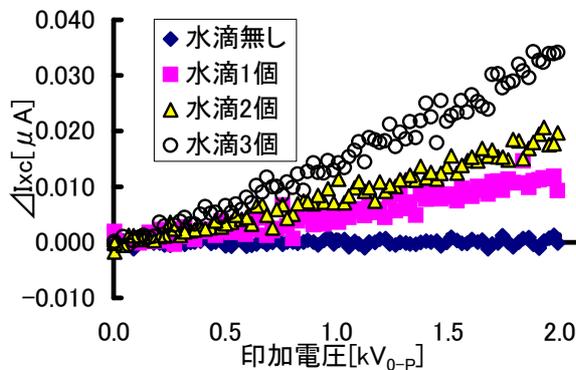


図6 水滴の設置による ΔI_{xc} の変化[水溶液]
(導電率 $260 \mu S/cm$ 、表面張力 $56 mN/m$)