

85°C85%環境下での 絶縁体内部電荷分布経時変化の測定技術

河野 唯通* (ファイブラボ(株))

Space Charge Distribution in Insulator 85°C 85%RH to Measure Changes over time in the Atmosphere
Yuimichi KOHNO* (Five Lab Co., Ltd),

ファイブラボ株式会社 (〒332-0034 埼玉県川口市並木 4-13-3)
Five Lab Co., Ltd (4-13-3 Namiki Kawaguchi-shi, Saitama 332-0034)

1. まえがき

高電圧電力ケーブル・機器に使用される絶縁体の評価方法として空間電荷の測定は下記の項目から重要とされた。

- A) 空間電荷がたまると、均一であるべき電界が歪む。これによって絶縁体の破壊強度が大きく変わる可能性がある。
- B) 絶縁体中にある不純物の種類や量によって空間電荷のたまりかたが異なるため、空間電荷による材料の絶縁性評価や劣化状態の推定ができる。

近年、プリント回路板は層状構造をなすビルトアップ板や受動素子を絶縁層内部にくみこまれ層状構造をなしたものが実用化されている。これらは、基板表面方向のみならず基板厚さ方向の絶縁特性も重要となる。それらに使用される層間絶縁体フィルムはますます薄くなり電界強度は非常に高くなってきている。プリント回路板内部の電界分布に直接影響を及ぼす空間電荷は、イオン性不純物に起因して生じるため、高温、恒湿環境下で多く現れる報告がされている。(1)~(2)

2007年よりJPCA-ET01規格1ページ2.2項エレクトロケミカルマイグレーションの説明に「絶縁体中の中に存在するイオン性不純物が絶縁劣化に寄与する場合を含む。」という一項が記載された。これは絶縁体中の電荷挙動の重要性を示唆しており、絶縁体内部の電荷を非破壊で測定する事ができれば、材料評価に役立つものと期待される。今回、従来より高電圧機器に使用される絶縁材料内部にある電荷挙動の評価に用いられてきた技術の紹介と、85°C85%RH環境下での層間絶縁体へ応用した新システムの実施例を紹介する。

2. パルス静電応力法 (PEA 法)

1980年代に、前野らにより試料にパルス電界を与えることにより電荷が発生する弾性波を検出するパルス静電応力法：(Pulsed Electroacoustic 法)³⁾を開発した。

PEA法では、検出回路が電源系と切断されている為、試

料が測定中に絶縁破壊しても測定器が壊れることがなく、また試料セッティングも容易で再現性のある測定が出来る為、電力関連の絶縁体評価技術として一般的に用いられる測定法となる。

PEA法の原理を簡単に説明する。試料(絶縁体)にパルス電圧をかけると、空間電荷があるときには電荷と電界の作用でパルスに応じた力(内部はクーロン力、表面ではマクスウェル力)が発生し、これが圧力波(音波)となって試料の外に伝わる。試料の外側に圧電センサーを取り付けてこれを測定する。圧力波の大きさは空間電荷の大きさに比例する。パルス電圧を印加してから圧力波が外側に伝わるまでの時間の遅れから、空間電荷の位置がわかる。図1

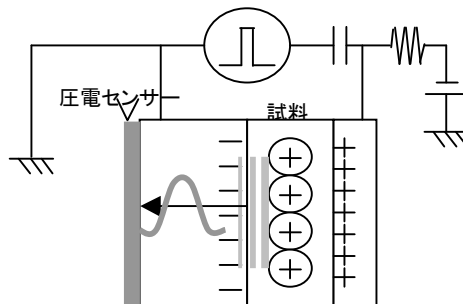


図1 PEA法による内部に電荷がある場合の信号の発生
内部に電荷のある測定例として、0.3mmPET板にEB照射により電荷が内部に溜った測定データを図2に示す。

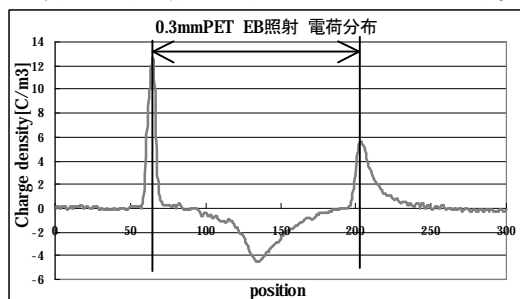


図2 EB内部に電荷の溜った0.3mmPET板の電荷分布
PETの中央部分にマイナス電荷が溜っており、両サイド

のプラス電荷は、内部のマイナス電荷のよる PET 表面に発生した誘導電荷である。この電荷分布を積分した電界分布を図3に示す。またこの電界分布をさらに積分した電位分布を図4に示す。電位は表面でゼロ電位に戻っているのが確認できる。

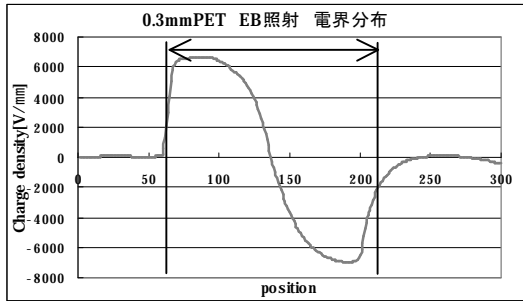


図3 0.3mmPET板の電界分布

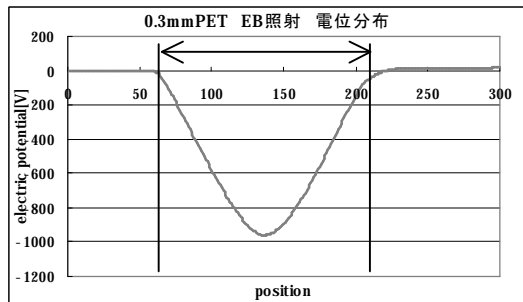


図4 0.3mmPET板の電位分布

3) 試料と実験方法

試料は層間絶縁体に使用されるエポキシ系フィルム 63 μ m 厚を使用し、配合比を変え吸水率を変えたA, B, C 三種類の試料を、同一硬化条件で硬化した試料を用意した。

吸水率の大きさは $A < B < C$ の順

試料は、85°C85%RH 環境下で 1 時間放置後、直流電界 (10kV/mm) を印加後、PEA 装置で空間電荷分布の経時変化を 85°C85%RH 環境下中で測定を行った。

PEA 装置は、85°C85%RH 環境下中で測定可能にするため高温に耐えられるセンサーに交換し、信号増幅用 amp を環境試験機外に設置できるように、測定部と信号増幅部を分離した環境試験対応の分離タイプ PEA 装置を用いた。

4) 実験結果及び考察

85°C85%RH 環境下中で、30hr 直流電界 (10kV/mm) 印加したときの、10min 後、10hr 後、30hr 後の試料 A,B,C の空間電荷分布を図5, 6, 7に示す

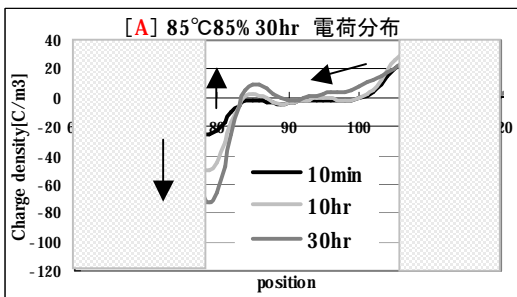


図5 試料 A 85°C85%RH 電荷分布

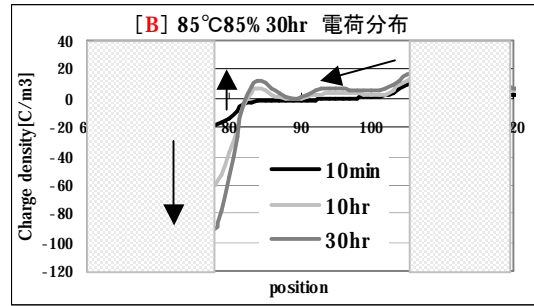


図6 試料 B 85°C85%RH 電荷分布

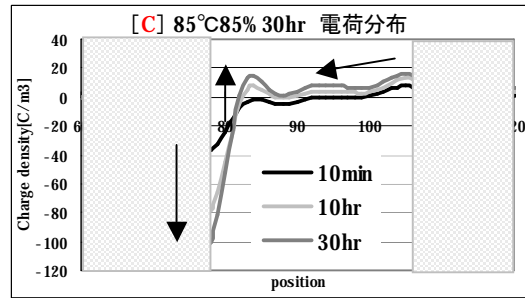


図7 試料 C 85°C85%RH 電荷分布

試料A, B, Cとも電界印加後時間経過とともに cathode 側に発生した誘導電荷が大きくなる。その度合いは $C > B > A$ の順に吸水率の大きな試料順となる。anode より電荷注入がおこり、吸水率の大きい試料順に電荷移動できるキャリアの発生が多く、cathode 側にヘテロチャージを生み誘導電荷が大きくなったと考えられる。参考に試料 B の電界分布を図8に示す。初期値の印加電界 10kV/mm から 30hr 後 cathode 側で 50kV/mm に上がっている。

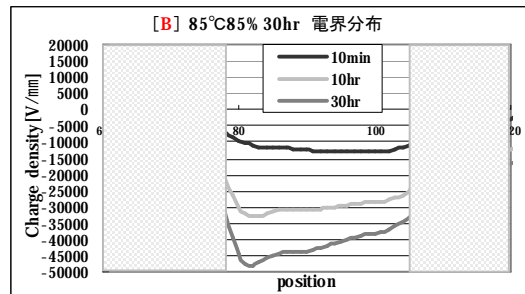


図8 試料 B 電界分布

層間絶縁フィルムの空間電荷分布測定を分離タイプ PEA 装置を用いて 85°C85%RH 環境下での測定を確認した。

本測定に用いた技術の一部は、情報通信研究機構の研究 成果展開支援制度により技術移管され実施しました。

文献

- 1) Y. Echi go, H. Tanaka, Y. Ohki, K. Fukunaga, T. Maeno, and K. Okamoto: "Effects of Humidity and Temperature on SpaceCharge Distribution Profiles Circuit Board Insulations", IEEE International Conference on Solid Dielectric, pp. 458-461, Winchester (2007)
- 2) 越後易恒・夏井正嗣・前野 恭・大木義路: 「プリント基板用紙/フェノール樹脂複合絶縁体の空間電荷挙動に与える吸水温度の影響」, 電学論 A, 128, 9, pp. 585-590 (2008)
- 3) T. Maeno et al., "Measurement of Spatial Charge Distribution in Thick Dielectrics Using the Pulsed Electroacoustic Method", IEEE Trans. EI, Vol. 23, No. 3, pp. 433-439, 1988.