

PEA 法による空間電荷分布測定手法の新展開

PEA 法による空間電荷分布測定の校正法標準化と応用測定の開発技術
調査専門委員会編

目 次

1. 概 要	3	4. 電流と電荷分布の同時測定	30
1.1 はじめに	3	4.1 同時測定による絶縁破壊時の電流観測	30
1.2 本技術報告書のまとめ方	3	4.2 同時測定による電荷蓄積と電流特性の 関係調査	32
2. 測定法の改善	4	4.3 同時測定による電荷移動解析	34
2.1 高位置分解能化	4	4.4 同時測定による伝導電流評価	35
2.2 高時間分解能化	6		
2.3 2次元測定	8	5. 新規材料への応用	38
2.4 3次元測定	10	5.1 複合材料の測定	38
2.5 高電圧下の測定	12	5.2 直流ケーブル用絶縁材料の直流特性 評価への応用	40
2.6 開放電極による測定	13	5.3 有機感光体材料への応用	44
3. 特殊環境下での測定	15		
3.1 高温（～100℃）下における測定	15	付 録	
3.2 超高温（100℃～）下における測定	17	付 1 PEA 法の校正法の概要	46
3.3 不平等電界（刃-平板）下における測定	19	付 2 圧力波の発生と伝搬	47
3.4 高圧下における測定	21		
3.5 絶縁破壊を含む測定	23		
3.6 可視光照射下における測定	25		
3.7 荷電粒子照射下における測定	27		

PEA 法による空間電荷分布測定の校正法標準化と 応用測定の開発技術調査専門委員会委員

委員長 田中康寛(東京都市大学)
幹事 福間真澄(松江高専)
幹事補佐 村上義信(豊橋技術科学大学)
幹事補佐 三宅弘晃(東京都市大学)
委員 大木義路(早稲田大学)
門脇一則(愛媛大学)
河野唯通(ファイブラボ(株))
清水教之(名城大学)

委員 高田達雄(東京都市大学)
長尾雅行(豊橋技術科学大学)
橋本雄一(理化学研究所)
西森才将(日東電工(株))
穂積直裕(豊橋技術科学大学)
前野恭(情報通信研究機構)
水野健彦(株ビスキャス)
村田義直(株ジェイ・パワーシステムズ)

1. 概要

1.1 はじめに

パルス静電応力 (PEA) 法^(1,2)による空間電荷分布測定法は、誘電・絶縁材料の電気的特性を定量的に行うための技術として、今日では世界各国の多くの研究者によって使用されているが、その校正法は、各々使用する研究者に委ねられており、得られた測定結果を統一して比較する規格が存在していないのが実情である。しかし、測定結果を比較するためには、測定された信号を正しく校正するための共通した手法が必要であり、電気学会では過去にも、規格化のために調査専門委員会を設立し、技術報告書⁽⁴⁾を発刊したが、規格化までには到っていない。一方、PEA 法は海外でも多く使用されているため、利用者から校正法の規格化を求める声が多く上がり、CIGRE (国際大電力システム会議) のワーキンググループで規格化が検討され⁽⁴⁾、その後 IEC (国際電気標準会議) に引き継がれる形で、校正法の規格化に関する活動が開始されている。本手法を開発し発展させてきた⁽⁵⁾主導的立場にある日本としては、この動向に対処するために、国内研究者による統一した組織により、IEC に並列した形で、JEC (電気規格調査会) において規格化を実現することが期待されている。

一方、従来の PEA 測定法に加えて、国内外では PEA 法の応用技術が盛んに研究・開発されている。特に、PEA 法の開発国である日本では、PEA 法の応用技術開発が盛んであり、基本技術に関する高電界化、高位置分解能化、高時間分解能化、3次元化などが積極的に行われていることに加え、測定対象もさまざまな高分子絶縁材料に広がっており、その用途も、従来の電力機器を対象としたものから、電子機器を対象としたものまで、さまざまに広がってきている。したがって、標準化とともに、今後の応用技術をまとめておくことにより、世界における本手法の主導的立場を確固たるものにすることができると考えられる。

このような背景をもとに、電気学会、誘電絶縁材料技術委員会では、IEC や JEC における標準化のための技術仕様 (TS: Technical Specification) や技術報告 (TR: Technical Report) の草案を作成する母体となり、かつ PEA 法の最新測定技術を調査するための組織として、「PEA 法による空間電荷分布測定の校正法標準化と応用測定の開発技術調査専門委員会」を設置した。本技術報告書は、同委員会が掲げる上記の“規格化への準備”と“最新測定法の動向調査”の2つの目的のうち、後者を主に取り扱う技術報告書である。

1.2 本技術報告書の構成

本技術報告書では、PEA 法による空間電荷分布測定法の最新応用技術について調査した結果を主に紹介する。最初に、測定法の基本的技術改善についての紹介を行う。すな

わち、センサやパルス発生器、計測機器システムなど測定の基本要素の改善により、位置分解能、測定の時間分解能、2次元測定、3次元測定などといった、測定手法そのものが改善された例を示す。

次に、特殊環境下における試料の測定例を示す。PEA 法では圧力波を信号として検出するので、試料とセンサ部分を電氣的に遮断することが可能であり、センサを接地したシールドケースで覆うことにより、雑音に強い計測が可能である。したがって、試料を高温、高電界、放射線環境下に曝しながら、試料内部の電荷分布を計測できる。

また、最近では PEA 法による電荷分布と伝導電流 (外部回路電流) の同時測定が試みられており、その例を続いて紹介する。これまで測定されてきた伝導電流測定結果で、特異なケースは空間電荷の関与が指摘されてきたが、実際に空間電荷の関与が検証された例は少ない。また、空間電荷と外部回路電流を同時測定することにより、試料内の正味の伝導電流を算出することが可能になるため、これらの同時測定技術は、絶縁材料の基本的な電気的特性調査のために、今後ますます盛んになると考えられる。

つづいて、新たな測定対象への応用について述べる。PEA 法は、ケーブルに用いられる高分子絶縁材料が主な測定対象として開発されてきた経緯から、ポリエチレンを中心とした高電圧用絶縁材料の評価方法として用いられることが多かった。しかし近年では、電子基板材料やモータの巻線被覆材料、半導体素子のパッケージ材料、宇宙機用絶縁材料などについて評価する際にも盛んに用いられるようになった。これらの新たな試料の測定や、それらの材料の特殊な使用環境に応じた新たな測定法など、今後の PEA 測定法の新展開を想像させるような事例を報告する。

最後に、付録として、IEC の TS や JEC の TR として提案している標準的な PEA 法の校正法について概要を紹介し、PEA 法の原理に不可欠な圧力波の伝搬に関して述べる。これは、「PEA 法による空間電荷分布測定の校正法標準化と応用測定の開発技術調査専門委員会」が、JEC における TR を作成する段階で、新たに記述が必要であると認識した事項について記述している。

参考文献

- (1) Y. Li, M. Yasuda and T. Takada, "Pulsed Electroacoustic Method for Measurement of Charge Accumulation in Solid Dielectrics", Trans. DEI, Vol. 1, No. 2, pp. 188-198 (1994)
- (2) T. Takada, Y. Tanaka, N. Adachi and X. Qin, "Comparison Between the PEA Method and the PWP Method for Space Charge Measurement in Solid Dielectrics", IEEE Trans. DEI, Vol.5, No. 6, pp.944-951 (1998)
- (3) 「誘電・絶縁材料の空間電荷分布計測法と標準化」, 電気学会技術報告書 第 834 号 (2001)
- (4) "Guide for space charge measurements in dielectrics and insulating materials", CIGRE Technical Brochure, No. 288, TF D1.12.01 (2005)
- (5) Y. Li and T. Takada, "Progress in Space Charge Measurement of Solid Insulating Materials in Japan", IEEE EI Magazine, Vol. 10, No.5, pp. 16-28, 1994.