

## 経年電力機器の現地耐電圧試験による更新時期の検討 —課電履歴を考慮した絶縁故障確率の評価—

### 背景

電力流通部門においては、今後、高経年機器の継続運用の可否や更新時期の判定が重要な課題となる。このため、新しい判定手法として、機器製造時の耐電圧試験に準じた現地試験の可能性を検討している\*<sup>1</sup>。経年機器の現地試験により、直接の健全性確認に加え、耐電圧試験時の電圧印加を利用した高感度な異常検出も期待される。しかし、経年機器に試験電圧を印加することのリスクを明確にする必要がある。

### 目的

経年電力機器の現地耐電圧試験を実施する際のリスクの一つである故障確率増加に着目し、試験電圧の印加も含めた機器の課電履歴と故障確率との関係を定量的に評価し、適切な耐電圧試験条件選定の考え方を示す。

### 主な成果

#### 1. 耐電圧試験による経年機器の累積故障確率への影響

機器の各種課電履歴を考慮し（図1）、ワイブル分布と逆 $n$ 乗則に基づく累積劣化モデル\*<sup>2</sup>に基づき、耐電圧試験の累積故障確率の増加を評価した（図2）。絶縁劣化非蓄積型の電力機器であるガス絶縁機器（GIS/GCB）では、異物の存在を想定した場合、印加時間を1時間から1msまで変化させても累積故障確率が急増する試験電圧値は2.5～3.2pu\*<sup>3</sup>と変化が小さい（図3（a））。一方、絶縁劣化蓄積型のCVケーブル（66kV級で水トリー劣化が想定されない場合）では、累積故障確率が急増する試験電圧値は、印加時間が1時間で約5pu、1msでは約13puと大きく変化する。（図3（b））。

#### 2. 経年機器への現地試験電圧選定の考え方

実機器における課電履歴（図1の電圧パターン3）を考慮して、想定される試験電圧・印加時間を示した（表1）。GIS/GCBでは、印加時間として30分～1時間、電圧値として2pu程度までが想定される。一方、CVケーブルでは、印加時間として数ms～1秒、電圧値として3pu程度までが想定される。

### 今後の展開

現地試験として過電圧を印加することによる高感度異常検出の可能性を検証するとともに、固体絶縁物への劣化蓄積の影響を評価する。また、現地耐電圧試験をベースとした経年機器への維持基準の構築を目指す。

主担当者 電力技術研究所 機器絶縁領域 主任研究員 五島 久司

関連報告書 「経年電力機器への耐電圧再試験による更新時期判定の可能性」電力中央研究所報告：H06016（2007年4月）

\*1：五島、他：「経年ガス絶縁機器の絶縁試験によるリプレース時期延伸の可能性」電気学会論文誌B, Vol.126, No.7, (2006)

\*2：ワイブル分布は、極値分布の一つであり、弱点破壊に基づく故障確率を表し、逆 $n$ 乗則は、絶縁物の耐電圧が経過時間の $1/n$ 乗で低下する特性を示し、どちらも絶縁物の絶縁特性でよく用いられる。異なる電圧が印加された場合の故障確率に関して、これらの法則をベースにした累積劣化モデルが提案されている。H. Hirose, IEEJ Trans. PE, Vol.116, No.7, pp.168-173 (1996)

\*3：1puは常規使用電圧

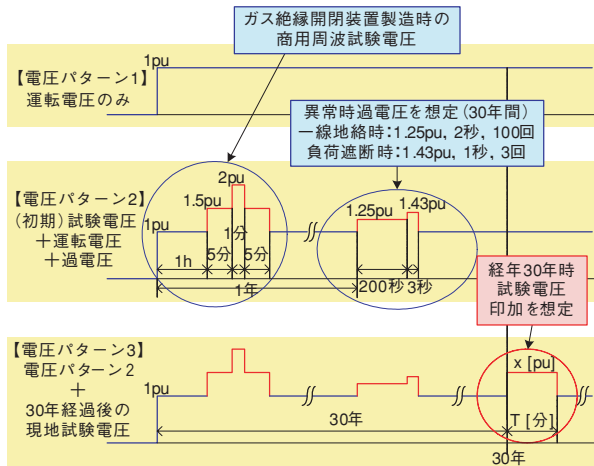


図1 現地耐電圧試験を想定した電圧印加パターン（GIS/GCBの場合）

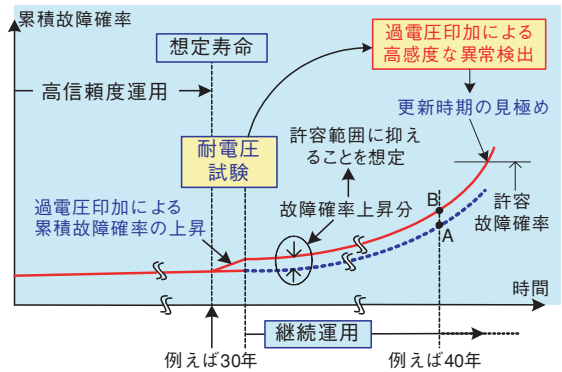
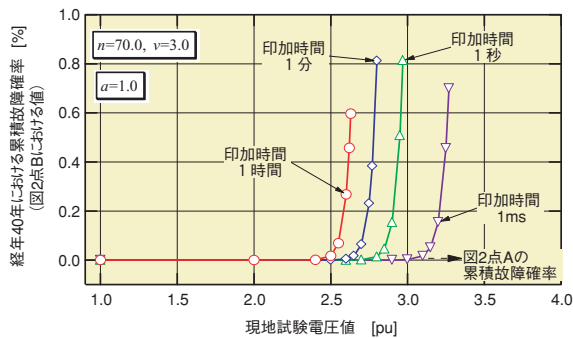


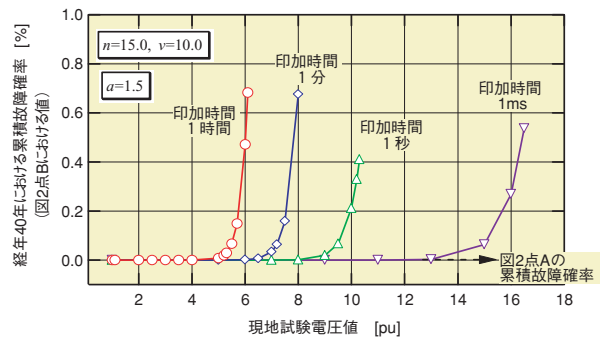
図2 現地耐電圧試験による機器の累積故障率の増加の概念図

各機器は、製造時の受入試験、運用期間中の過電圧（ここでは短時間交流過電圧のみ想定）など運転電圧（1pu）以上の過電圧が印加される。

現地耐電圧試験により、健全性確認に加え、試験電圧印加を利用した高感度異常検出が期待されるが、累積故障率の上昇を適切に抑える必要がある。



(a) GIS/GCBを想定



(b) CVケーブル（66kV級で水トリー劣化なし）を想定

図3 経年40年の機器における累積故障率と現地試験電圧値との関係

図1の電圧パターン1で現地試験を実施した場合の計算結果。累積劣化モデルのパラメータとして、 $n$ ：逆 $n$ 乗則の $n$ 値、 $v$ ：初期1分間耐電圧と運転電圧との倍数、 $a$ ：ワイブル分布の時間形状パラメータを各機器で報告されている代表値を使用した。

表1 経年機器への現地試験電圧選定の考え方

対象	現地試験電圧印加時の破壊確率への影響	絶縁特性から見た試験	想定現地試験電圧値と印加時間例	備考
GIS/GCB	○印加時間を短くしても現地試験電圧値は高く設定できない ○長時間の印加が有効	○異物の顕在化状況により、必ずしも短時間の電圧印加で部分放電が発生するとは限らない	30分～1時間 ～2.0pu	○ガスを対象 ○スパーサへの現地試験電圧印加による影響は小
CVケーブル	○印加時間が短いほど電圧値を高く設定しても累積故障率の増加は小 ○短時間の印加が有効	○劣化（欠陥）箇所は固定されているため、短時間の電圧印加でも部分放電の検出は可能 ○自復性がないため、更なる劣化を極力招かないことが重要	数ms～1秒 ～3.0pu	○66kV級で水トリー劣化が小さい場合を想定

注) GIS/GCBは $n=70.0$ 、 $v=3.0$ 、 $a=0.5\sim 1.0$ 、CVケーブルは $n=15.0$ 、 $v=10.0$ 、 $a=0.5\sim 2.0$ で推定