

修士学位論文要約（令和2年3月）

## 加速劣化試験を実施した配電用 CV ケーブルの

## 水トリー劣化様相と診断手法に関する研究

牧野 広俊

指導教員：斎藤 浩海， 研究指導教員：八島 政史

## Study on Aspect of Water-tree Degradation of 6.6kV XLPE Cables after Accelerated Water-treing Test and Water-tree Diagnostic Methods

Hirotoshi MAKINO

Supervisor : Hiroumi SAITOH, Research Advisor : Masafumi YASHIMA

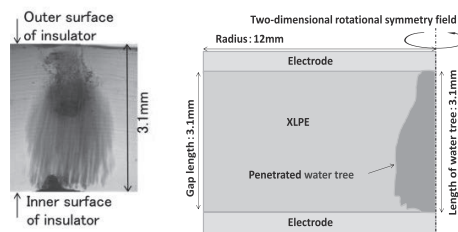
The authors were able to generate a penetrated water tree in an extruded three layer (E-E type) 6.6 kV XLPE cable subjected to an accelerated water-treing test, and measured DC leakage and AC superposition currents of the cable. In this study, the penetrated water tree was modeled, and DC leakage and AC superposition currents were calculated by using transient electric field analysis, and the calculated currents and measured ones were compared. In addition, the shapes of water trees were assumed as ellipsoidal ones, and the DC leakage and AC superposition currents were analyzed when the length and width of the water tree changed.

## 1. はじめに

乾式架橋かつE-E (E:Extrude) 方式の6.6kVのCVケーブルは水トリー対策の一環として導入されたが、劣化判定基準や耐用年数は明確になっていない<sup>(1)</sup>。劣化判定基準の構築のためには、加速劣化試験によって水トリーを伸展させ、直流漏れ電流値などの劣化指標との関連性を明らかにする必要がある。筆者らは、E-E方式の経年6.6kV CVケーブルに対して加速劣化試験を行うことで水トリーを伸展させて絶縁体を橋絡させ、初めて橋絡水トリーを発生させることができた。また、橋絡水トリーが発生したケーブルに対して直流漏れ電流法や交流重畳法といった各種診断手法を適用して電気絶縁特性を把握し、E-E方式の6.6kV CVケーブルの水トリー劣化診断について検討してきた。本研究では、加速劣化試験により得られた橋絡水トリーに対して直流漏れ電流と交流重畳電流の2種類の診断データの値を解析により求め、測定値と計算値を比較した。また、水トリーを回転楕円体で模擬し、水トリーの長さや太さを変化させた場合の直流漏れ電流や交流重畳電流の解析を行い、水トリーの形状が直流漏れ電流や交流重畳電流に与える影響を検討した。

## 2. 解析手法

〈2・1〉橋絡水トリーの電流値 有限要素法に基づく電界解析ソフトウェア (Siemens 社製, ElecNet) を使い、加速劣化試験によって得られた図 1(a) の橋絡



(a) 橋絡水トリー (b) モデル化した橋絡水トリー  
図1 解析においてモデル化した橋絡水トリー

水トリーをモデル化し(図 1(b))、解析を行った。解析では、水トリーの導電率を $\sigma_1, \sigma_2$ の2種類のモデルを作成し、後述する電圧下で電極間を流れる直流漏れ電流値と交流重畳電流の1 Hz成分の値を算出した。

直流漏れ電流の計算では、 $\sigma_1$ の導電率を与えたモデルには4 kV、 $\sigma_2$ の導電率を与えたモデルには5 kVの直流電圧をそれぞれ印加して、電極間を流れる電流値を直流漏れ電流値として計算した。交流重畳電流の計算では、実効値3.8 kV、50 Hzの交流電圧に、50 V、101 Hzの交流電圧を重畳した電圧を印加し、 $\sigma_1$ と $\sigma_2$ のモデルに対して電極間を流れる電流値を交流重畳電流の1 Hz成分の値として算出した。

〈2・2〉水トリーの形状を変化させた場合の直流漏れ電流と交流重畳電流の計算 水トリーを回転楕円体で模擬し、水トリーの長さを変化させた場合の直流漏れ電流と交流重畳電流の計算を行った。図2では、

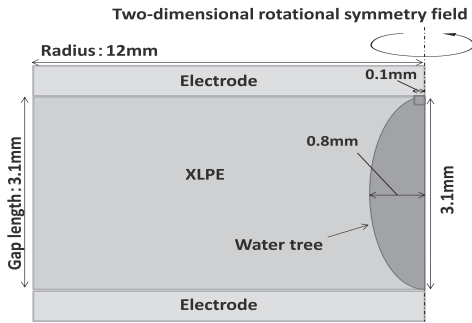


図 2 回転楕円体による水トリーのモデル化

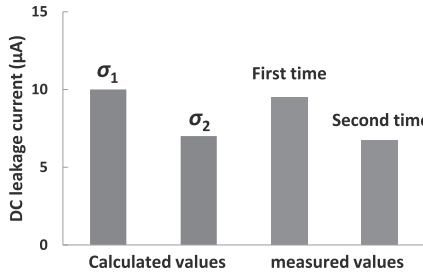


図 3 直流漏れ電流の計算値と測定値

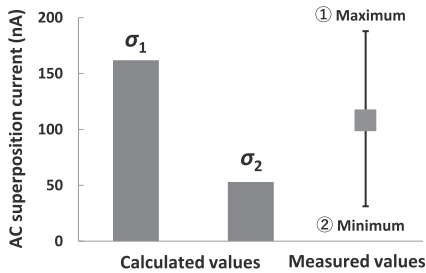


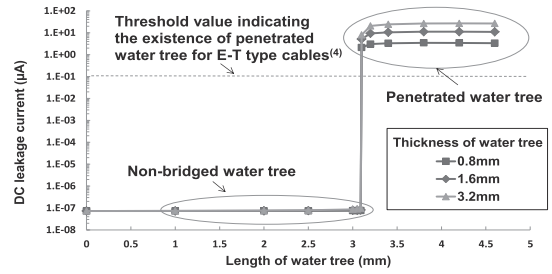
図 4 交流重畳電流の 1Hz 成分の計算値と測定値

水トリーの長さが 3.1mm、水トリーの太さが 1.6mm の場合を示す。水トリーの太さを固定し、水トリーの長さを変化させ、それぞれの長さでの直流漏れ電流値と交流重畳電流の 1Hz 成分を算出した。直流漏れ電流の計算では、5kV の直流電圧を印加し、電極間を流れる電流を直流漏れ電流値とした。交流重畳電流の計算は、橋絡水トリーの場合と同様の計算を行った。水トリーの導電率は、 $\sigma_1$  と  $\sigma_2$  の間程度の  $\sigma_3$  を適用した。

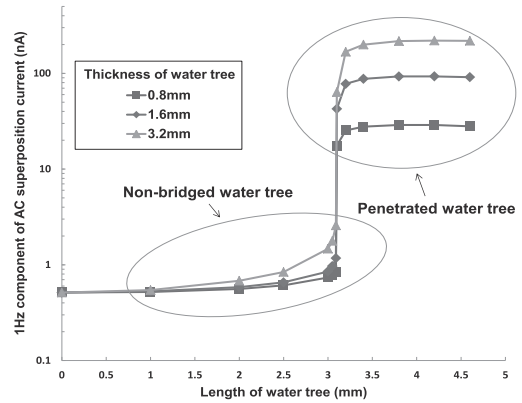
### 3. 解析結果

〈3・1〉橋絡水トリーの電流値 直流漏れ電流の  $\sigma_1$  と  $\sigma_2$  に対する計算値と測定値 (2 回) を比較した結果を図 3 に示す。それぞれの計算値は 2 回の測定値と同等になることを確認した。次に、 $\sigma_1$  と  $\sigma_2$  に対する交流重畳電流の 1 Hz 成分の計算値と測定値 (2 回) を比較した結果を図 4 に示す。 $\sigma_1$  と  $\sigma_2$  に対する計算値は測定値の最大、最小の範囲内であった。

以上の直流漏れ電流と交流重畳電流の計算結果



(a) 直流漏れ電流の計算値



(b) 交流重畳電流の 1Hz 成分の計算値

図 5 水トリー長を変化させた場合の直流漏れ電流と交流重畳電流の 1Hz 成分の計算値

と、測定値の比較より、本稿で用いた解析手法は概ね妥当であると考えられる。

〈3・2〉水トリーの形状を変化させた場合の直流漏れ電流および交流重畳電流 水トリーの太さを固定し、水トリーの長さを変化させた場合の直流漏れ電流の計算結果を図 5(a) に、交流重畳電流の 1Hz 成分の計算値の結果を図 5(b) に示す。水トリーが橋絡すると電流値は急増した。また、交流重畳電流の 1Hz 成分の値は橋絡に近い未橋絡の状態では長くなるほど電流値は大きくなった。さらに、水トリーが大きくなるほど電流値は大きい結果となった。

### 4. まとめ

直流漏れ電流法と交流重畳法は橋絡水トリーを発見することに有効であり、交流重畳法では橋絡状態に近い未橋絡水トリーも発見できる可能性がある。また、水トリーの太さはこれらの電流値に大きく影響を与える可能性がある。

### 文 献

- 1) 栗原隆史, 筒井英司, 中西英治, 真木清土, 村川健一, 森本光滋, 高橋俊裕, 岡本達希: 「乾式架橋・三層同時押出 (E-E 方式) の 6.6 kV 撤去 CV ケーブルの水トリー劣化調査」, 電学論 B, Vol.136, No.3, pp.333-343 (2016)