

電力ケーブルの水トリー活線劣化診断と劣化信号の発生メカニズム

直流成分電流の起源を求めて

Insulation Diagnosis of Live Cables with Water Trees and Mechanism for Evolution of Deterioration Signal Seeking for Origin of DC Component Current

(電力技術研究所 絶縁グループ)

近年、6kV級CVケーブル（架橋ポリエチレン絶縁ケーブル）の絶縁劣化を、無停電で診断する方法（活線劣化診断法）が幾つか提案されている。本研究では、その中でも代表的な直流成分法に着目し、劣化信号となる直流成分電流の発生機構について、種々の実験や理論をもとに解明した。また、この発生機構に直接関係し、活線劣化診断法を現場適用する際に重要な絶縁劣化の検出感度についても検討した。

(Electric Power Research & Development Center, Insulation Group)

Recently, several methods of the insulation diagnosis of 6kV-class CV cable (crosslinked polyethylene insulated cable) without the cessation of power supply have been proposed. In this study we have noted the DC component method, one of the typical diagnosis methods, and clarified the mechanism for evolution of DC component current signifying a deterioration signal on the basis of various experiments and theories. We also have examined the detecting sensitivity to insulation deterioration, which is closely associated with this mechanism and is essential to field application of diagnosis method of live cables.

1

研究の背景

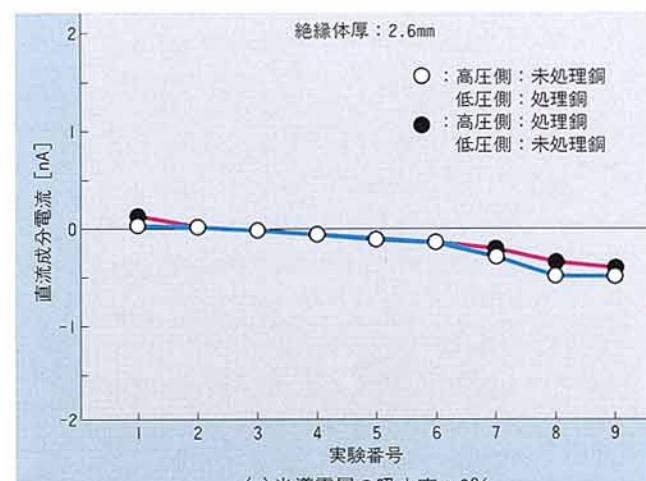
CVケーブルを長年使用すると、布設環境によっては、絶縁体中に“水トリー”と呼ばれる微小な樹枝状の異物が多数発生し、故障停電の大きな原因となる。このようなケーブルに配電線の交流電圧がかかると、水トリーを介して、微弱な直流成分電流が流れることがある。直流成分法では、これをケーブルの劣化信号として測定するが、その発生機構や劣化検出感度（検出できる水トリーの最小個数）などは、依然として不明瞭であった。そこで本研究では、岐阜大学と共同で、これらの点を解明した。

2

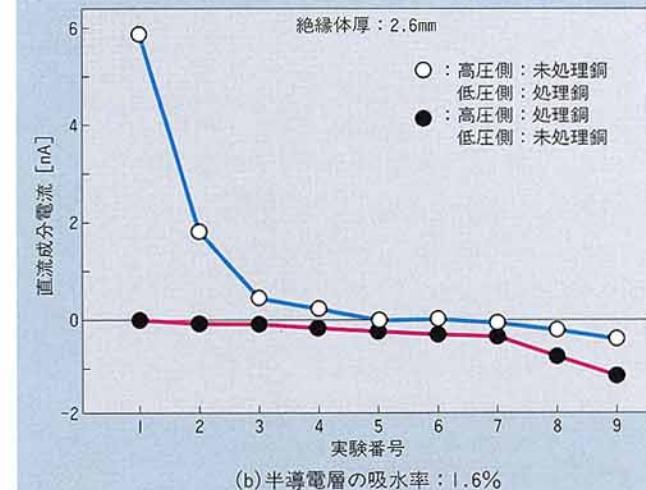
実験の概要

第1図に、絶縁体から切出した1個の水トリー（貫通水トリー）を使って、直流成分電流の発生場所を調べた実験を示す。長年地中に布設されているケーブルは、内部に水分が入ったり、遮蔽銅テープが腐食した

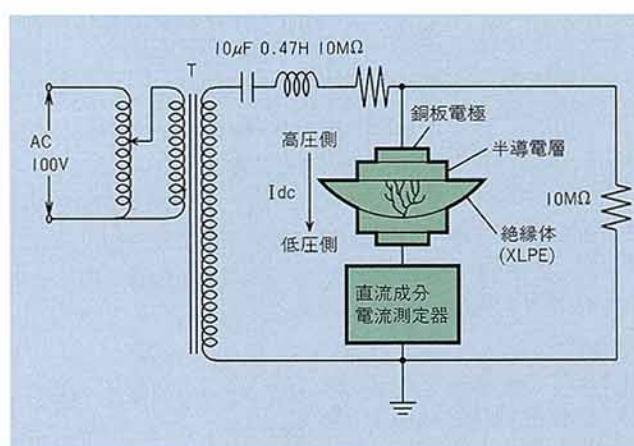
りすることが多い。そこで本実験では、半導電層を適当に吸水させたほか、腐食処理した銅板電極（処理銅）と腐食処理しない銅板電極（未処理銅）を、それぞれCVケーブルの遮蔽銅テープと心線（銅導体）に対応させた劣化モデルを作成して解析を行った。



(a) 半導電層の吸水率：0%



(b) 半導電層の吸水率：1.6%



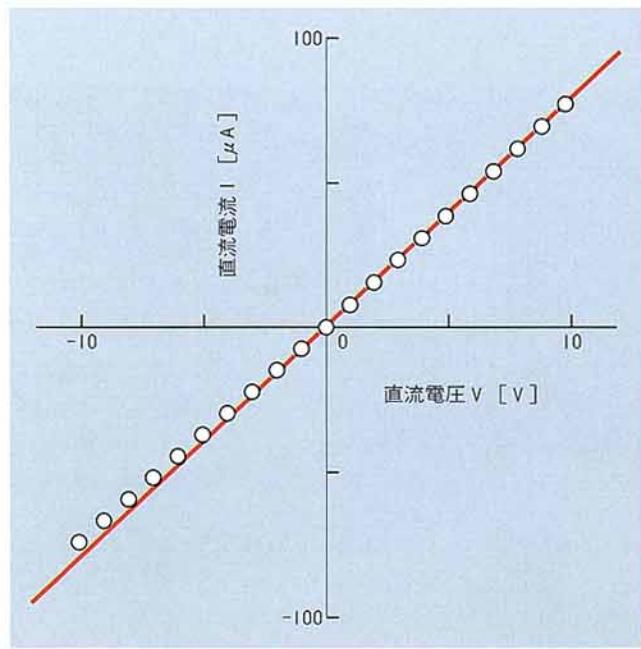
第1図 実験方法

第2図に、3800Vの交流電圧をかけて測定した直流成分電流 (1nA : 10億分の1A) を示す。実験の結果、直流成分電流の発生源には、半導電層の水分と処理銅が関係すること、貫通水トリー1個当たり、実ケーブルでは約10pA (1pA : 1兆分の1A) の直流成分電流が流れることなどが判明した。

このように、発生源が絶縁体と無関係であることから、さらに絶縁体を取去り、半導電層同士を密着させて数Vの交流電圧をかけたところ、約0.1Vの直流電圧が発生した。そこで、この直流電圧を解明するため、処理銅と未処理銅を蒸留水に直接浸し、極性の異なる直流電圧をかけて電流を測定したところ、第3図のように、+と-で電流が僅かに異なる整流作用が認められた。また、処理銅と現場撤去ケーブルの遮蔽銅テープ表面をX線回折で調べたところ、いずれからも、かつて整流器にも使われていた亜酸化銅が検出された。

これらの実験結果から、直流成分電流の発生機構を次のように解明することができた(第4図)。

- ① 水トリーが成長し、絶縁体を貫通する（1個当たり $10000\text{M}\Omega$ 程度の抵抗で、すぐには故障しない）。
 - ② 半導電層のスポット抵抗（微小面積の抵抗で、およそ $10\text{M}\Omega$ 以上）との電圧分担により、半導電層と遮蔽銅テープとの間に数Vの交流電圧が発生する。
 - ③ 半導電層の水分と腐食した遮蔽銅テープとの間に弱い整流作用が現れ、約 0.1V の直流電圧が発生する。
 - ④ この直流電圧が発生源（起源）となって、貫通水トリー1個当たり 10pA 程度の直流成分電流が流れる。



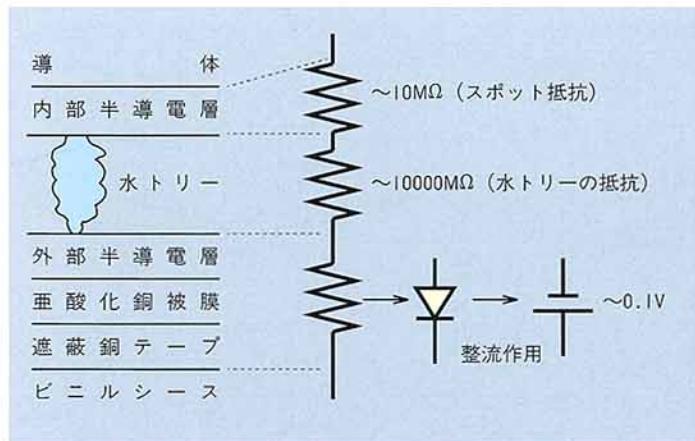
3 水トリー劣化検出感度の比較

実験結果を基に、代表的な劣化診断法の水トリー劣化検出感度を比較すると、第5図のようになる。直流成分法では、“迷走電流（ノイズ）”と区別可能なnAの劣化信号を得るには、数百個以上の貫通水トリーが必要となる。また、近年改良が進んでいる直流重畠法は、直流成分電流の発生源よりはるかに高い数Vの直流電圧を外部から加える方法で、理論上、数十個の貫通水トリーがあれば同程度の劣化信号が得られる。

一方、停電を要する直流漏れ電流法は、貫通水トリ一 個でも検出できるが、誘電正接法は、劣化信号の発生原理から、貫通水トリマーの検出には不向きである。

4 今後の展開

水トリー劣化検出感度が明らかになったため、今後は、劣化判定指標や各種劣化診断法のベストミックスを検討するとともに、より高精度の劣化診断法の確立を目指して、鋭意研究を進めていく予定である。



第4図 直流成分電流の発生モデル

劣化診断法	貫通水トリーの個数
直流成分電流法	約 100 (10^2)
直流重畠法	約 10 (10^1)
直流漏れ電流法	約 1 (10^0)
誘電正接法	約 0.1 (10^-1)

第5図 水トリ－劣化検出感度の比較