報告番号 ※甲第 1182 号

主論文の要旨

題名

高分子絶縁材料における
トリーイング破壊に関する研究

氏名 吉村 昇

主論文の要旨

報告番号	※甲第 1182 号	氏名	吉村 昇

本論文は、近年電気絶縁材料として電気機器、電力用および通信用ケーブルなどに広く用いられている高分子材料の電気絶縁破壊形態の1つであるトリーイング破壊について、その基礎的現象と発生および進展機構を交流50Hz、針対平板電極構成を用いて実験的に解明したものである。一般にトリーイングとは、ゴム、プラスチックケーブルなど高分子絶縁材料の貫通破壊に対する前駆現象であり、劣化形態が樹枝状であることから名ずけられた。本論文ではトリーイング破壊について、主として次に述べる項目を検討した。

(1) トリーの発生とその機構
(2) トリーの進展における基礎的特性
(3) ポリエチレンにおけるトリーの性状とトリー枝内の気圧の関係
(4) トリー枝内での放電の形態
(5) 間欠課電装置の応用による電力ケーブル(CVケーブル)のコロナスキャニング試験法の開発

(1) トリーの発生については、シリコーンゴム、ポリ塩化ビニール(軟質)の様なヤング率の比較的小さい(10^7 dyne/cm^2)材料では、針とポリマーの界面間にエアギャップ(空隙)が生成し、そのエアギャップ内での放電の点弧後トリーは発生する。ポリエチレン、架橋ポリエチレン、ポリスチロール、ポリ塩化ビニール(硬質)のガラス転移点温度以上では、マクスウエル応力による機械的破壊によりトリーが発生することを、一方上記材料のガラス転移点温度以下ではトリーの発生電界強度がそれぞれの材料の固有の絶縁破壊の強さに比較して大きく、この範囲では空間電荷効果による電界緩和がおきていることを予測した。

(2) トリーの進展については、トリーの発生と同様ヤング率との間に密接な関係がある。またガラス転移点温度以下ではトリー状と異なる扇状のクラックが発生すること、エポキシ樹脂の場合には、他の材料と比較してトリーの伸びが小さいこと、ポリエチレン、架橋ポリエチレンでは、トリーの形状はトリー状、ブッシュ状、まりも状と3つに分類できることを明らかにした。

(3) ポリエチレン、架橋ポリエチレンの場合、トリーの形状がトリー状、ブッシュ状、まりも状と大別される原因が、トリーの枝内で発生する分解ガスによる気圧の上昇によるものと考え、新たに開発した間欠課電装置を用いて検討した。間欠課電装置とは、ある任意の時間(20ms(1サイクル)〜1000ms(50サイクル))電圧印加後、課電を休止(休止時間;320, 1280, 2560msの3種類)することができる装置で

主論文の要旨

報告番号	※甲第　　号	氏名	吉村　昇

ある。その結果従来の連続課電ではブッシュ状あるいはまりも状を呈する電圧条件でも，間欠的に課電することによりトリーの形状はトリー状へ移行し，トリーの伸びも促進される。これは休止時間内での分解発生ガスのポリマー中への拡散あるいは針とポリマー間への漏洩によるものと考えた。またテレビカメラを用いての分解発生ガスの定量測定から，1発の放電パルスによる分解ガス発生量は10^{-9}(cm3)程度であることを明らかにした。

(4)エポキシ樹脂の場合，他の材料に比較してトリーの伸びは小さい。その原因を追求するため，トリー枝内の放電形態を顕微鏡で観察した。その結果アクリル樹脂の場合には，コロナ状放電となるのに対し，エポキシ樹脂では微小アーク状（シンチレーション状）放電を呈することが認められた。（なお微小アーク状，コロナ状放電は，主として放電の色および形態から区別した。）そしてその原因がトリーの壁面に析出する炭素の影響によることを実験的に明らかにした。さらに炭素析出の条件を検討するため，ボイドおよびトリー内にO_2, N_2, He, CO_2のガスを封入(760 Torr)した。その結果酸素分子の存在するO_2, CO_2ではアクリル樹脂同様トリー内の放電はコロナ状を呈することが認められ，その際トリーの伸びも促進される。またO_2の場合にはトリーの形状は枝分れが少ない。

(5)間欠課電装置を利用して，電力ケーブル（CVケーブル）のコロナスキャニング試験の新しい試験法を開発した。コロナスキャニング試験とは，CVケーブルの品質保障の1つであり，蒸留水を満たしたアクリル製パイプ中を巻取りドラムによってケーブルを走らせ，ケーブル中の欠陥部（ボイド，異物など）を部分放電の測定から検出する方法である。従来の連続高電圧印加方法では，押出し外部半導電層の抵抗が低いため，もれ電流が流れ，外部半導電層の焼損をひきおこすことが問題となっていた。そこで間欠課電装置を用い，外部半導電層が焼損しない程度の短かい時間課電する方法に着目した。交流，50Hz高電圧を間欠的に発生させ，休止時間内にケーブルの冷却効果を持たせることを目的としたものである。この装置はトライアック（双方向性SCR）という静止器を利用した電源装置であることから，コロナパルスの測定感度を上昇できること，線間電圧，対地電圧の2種類の電圧を同一試験で課電できることなど種々の利点を持つことから，今後のCVケーブルのコロナスキャニング試験法の1つとして十分に期待できる。