

第4図 課電時間と破壊経路長との関係
Fig. 4. Relation between the length of the path of break-down and the time while the voltage applied.

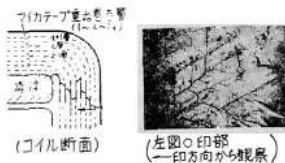
なる関係があることがわかる。但し、 k, k' は定数、 N はマイカテープの巻回数であり、もちろん D は N に比例している。

更に図から、絶縁厚みが増すにつれて l のばらつきが大きくなって行くことがわかる。なお、破壊経路の長さの測定は厳密にはなかなか難しく、図に示したデータは、前述のように内部破壊起点と外部破壊点を直線的に結んで得たものであるため、実際の経路長は測定値よりも多少大きくなる。

電圧印加法と破壊経路の長さとの間には、絶縁厚みが小さい場合には破壊経路の長さの測定が厳密にはいかならないこともあって、ほとんど差は見いだされない。しかし、絶縁厚みが増すにつれて課電時間の長いものでは破壊経路の長さが比較的短いものが現われてくるようである。4.5mm 厚みのコイルについてその状況を第4図に示した。これは、後述する課電寿命 ($V-t$) 特性における破壊経路の長さを示したものである。

(3.3) 局部破壊こん跡 第5図に絶縁破壊したコイル絶縁層内の局部破壊のこん跡例を示した。写真は平均電界で 15kV/mm で約 2,000 時間課電したとき絶縁破壊したコイルの主破壊路から枝分かれた局部破壊の進展状況を示したものである。これに対して、短時間で破壊したコイルの場合には主破壊路のみで枝分かれた局部破壊経路はほとんど見られない。

いずれにしても、今回実験したような数千時間までの課電で生じるマイカ絶縁コイルの絶縁破壊はマイカ



第5図 コイル絶縁層内の局部破壊の進展 (トリー進展)

Fig. 5. Partial break-down path (treeing) in coil insulation.

テープとマイカテープ、マイカ片とマイカ片の間げきをぬって、弱点を捜すようにして進展するトリーング破壊である⁽⁸⁾。

第5図には、局部破壊がマイカ層に衝突し曲折しながら進展する状況も示した。

4. 絶縁層内における電位分布とその解析

コイル絶縁層内の電界はコイル導体角部に集中しているが、第6図に電位分布の状況例を示した。これはカーボン紙マッピング法によるものである。

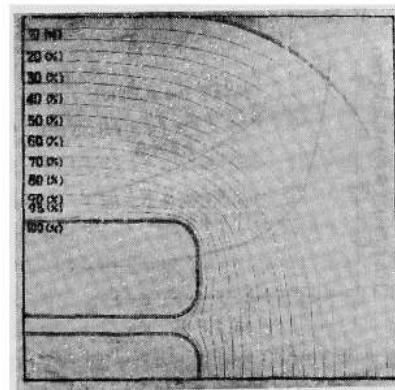
筆者らは、種々の電界解析法を採用して検討した結果、コイルの導体角部の電界は内筒半径を素線導体角部の曲率半径とし、外筒の半径をコイルの絶縁厚みと導体の曲率半径を加えた値とした同心円筒における内筒表面の電界とほぼ同一であることを確認した。すなわち、角部電界 E_m は次式でほぼ近似できる。

$$E_m \doteq \frac{V}{\rho \ln \left(\frac{D}{\rho} + 1 \right)} = \frac{D}{\rho} \frac{1}{\ln \left(\frac{D}{\rho} + 1 \right)} E_0 \dots (3)$$

ここで、 V ：印加電圧、 ρ ：素線角部の曲率半径、 $E_0 = V/D$ (平均電界、 D ：絶縁厚み)

第7図に(3)式を用いて計算した導体角部の電界集中度率 (E_m/E_0) と ρ/D との関係を示した。同図には参考のため 2,000 倍に拡大したカーボン紙マッピング法により求めた電界を示した。この図からも、実用的な ρ/D 領域 (定格 6.6~26kV 級コイルで普通 $\rho/D = 0.1 \sim 0.3$) では、電界解析結果と計算結果はほとんど一致していることがわかる。

次に高圧コイルの絶縁破壊では、絶縁層内の微小ボイドが重要視されるので、コイルの角部に接してボイ



第6図 コイル絶縁層内の電位分布

Fig. 6. Electric potential distribution in coil insulation.

