

# OFケーブル油の課電時における酸化安定性

Oxydation Stability of Insulating Oil for Oil-Filled Cable under Electric Stress

佐藤 春枝\*  
Harue Satō

下山田 富保\*  
Tomiyasu Shimoyamada

安田 光吉\*  
Kōkichi Yasuda

## 内 容 梗 概

OFケーブル油は完全に脱ガスされ、変圧器油と異なり空気に触れない状態で使用される。このためわずかな酸化生成物によって支配される誘電特性の変化が問題になる。このようなOFケーブル油の酸化安定性試験法として、モデルケーブルによる空気中の課電劣化法と、GE社のピーカー試験法の二種類を用い、絶縁油の安定度を比較検討した。これらの結果から試験法としては、モデルケーブル法がピーカー法よりすぐれていることを知った。

空気中のモデルケーブル法による100日間にわたる課電劣化の測定結果から、劣化の形には誘導期間が長い絶縁油と、誘導期間が短い絶縁油の二種類に分類できた。数種の絶縁油についてはN<sub>2</sub>ガスのふんい気中で約850日間の劣化試験を行ったが、最も劣化しやすい試油がいまだに誘電特性の変化が認められない。したがってOFケーブルのように完全密閉形の構造では、微量の不純物が含まれているN<sub>2</sub>ガス中よりさらに長期間酸化による劣化が起りにくいと思われる。このようなOFケーブル油には耐コロナ特性がすぐれ、しかも酸化に対して安定な絶縁油が適当である。

## 1. 緒 言

OFケーブル油の選択基準については種々発表されており<sup>(1)~(3)</sup>、この種の絶縁油は物理、化学的特性および誘電特性のすぐれていることが必要である。OFケーブル油の変質は主としてドラムかんに貯蔵中および製造時の油中に存在する微量な空気による酸化劣化と考えられる。OFケーブルに含浸された絶縁油は空気を含まない密閉状態で使用されるため、ソリッドケーブル油や変圧器油に比較すれば高温における酸化劣化は軽微であることが推測される。このため酸化安定性より電気的ストレスによる高温時の電気的劣化ならびに雷サージなどの異常電圧に対する耐コロナ特性が重視されている。

さて275~400 kV 級超高圧OFケーブルにおいては、誘電体損のため導体付近の温度が100°C前後に上昇し、高温時の高電界による絶縁油の熱劣化が懸念される。したがってケーブルの誘電特性を長期間保障するには、OFケーブル油の高温における課電時の酸化劣化を耐コロナ特性とあわせて検討する必要があると思われる。

筆者らは絶縁油の酸化安定性および耐コロナ特性のすぐれたものをうるため種々研究を進めている。このうち耐コロナ特性については新しい測定法を考案し、本法によって各種の絶縁油を測定した結果についてはすでに報告した<sup>(4)</sup>。

なお酸化安定性を各種のOFケーブル油を含浸したモデルケーブルを用い、課電による酸化劣化を実用状態に近い80°Cで10 kV/mmの電位傾度を加え、乾燥空気およびN<sub>2</sub>ガス中において実施した。さらに比較のためにGE社で実施しているピーカー試験を併用して行ったので、これら両試験結果による特性について報告する。

## 2. 絶縁油の酸化劣化試験

OFケーブル油は高温でしかも高電界中で使用されるため、誘電体損の発熱により温度はさらに高くなる。したがって油中にごく微量の空気が存在しても電気ストレスのため酸化劣化が促進されて、ケーブルの誘電特性が低下する恐れがあり、絶縁油の酸化劣化は等閑視できない問題である。第1表は各種の化学、電気的劣化を結び付けた酸化安定度試験法に関する文献の概要をまとめたものである<sup>(5)~(11)</sup>。

試験法としてはピーカー試験法と課電による劣化試験法の二種類に大別できる。一般に使用されている方法は前者のピーカー試験法

第1表 絶縁油の酸化安定度試験に関する文献

| 試験方式    | No. | 内 容                                                                                                                                | 文献番号 |
|---------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ピーカー試験法 | 1   | 300 ccの絶縁油を触媒なしで 115°C×96時間 空気恒温槽中で加熱し、加熱前後における100°Cの誘電正接、固有抵抗の変化を測定する。                                                            | 5    |
|         | 2   | 500 ccの絶縁油中に1.6 mmφ、長さ920 mmの銅線を浸漬し、100°C×50時間 空気恒温槽中で加熱した後、85, 100°Cにおける加熱前後の誘電正接の変化を測定する。                                        | 6    |
|         | 3   | 450 gの絶縁油に1.6 mmφ、長さ920 mmの銅線を浸漬し、120°C×24時間 恒温油槽中で加熱後、85, 100°Cにおける誘電正接と酸価を測定する。                                                  | 7    |
|         | 4   | 絶縁油を120°C×70時間空気恒温槽中で加熱し、酸価を測定する。                                                                                                  | 8    |
|         | 5   | 30 ccの絶縁油中に1 mmφ、長さ287 mmの銅線を浸漬し、110°C×96時間空気中加熱を行い、加熱前後における50°Cの誘電正接、固有抵抗を測定する。                                                   | 9    |
| 課電劣化法   | 6   | 絶縁油に 80°Cで AC 2 kV/mm の電気ストレスを課電して誘電正接の変化を測定する。ピーカー試験法に比較して劣化の判定が敏速にできる特徴がある。                                                      | 10   |
|         | 7   | 小形蓄電器の油浸紙に75°Cで 60 c/s 31.9 kV/mm の電気ストレスを課電し、劣化周期を10週間とする。劣化前後の誘電正接を30, 75°Cで 20 kV/mmの電界で測定する。最も実用試験に近いが、電位傾度が高いのでコロナ劣化が加味されている。 | 11   |

が多く、加熱温度、時間、銅触媒の有無などが測定者によって異なっている。劣化の判定には劣化前後における絶縁油の誘電正接あるいは酸価をあわせて測定している。すなわちOFケーブル油の安定度試験法は変圧器油のようにスラッジが生成するひどい劣化でなく、誘電正接の変化のように微少な劣化を問題にしている。

課電劣化法は絶縁油が電気的ストレスを受けた場合の挙動を知ることができ、実用試験法としてはピーカー試験法よりすぐれている。特にF. M. Clark氏<sup>(11)</sup>の油浸紙による課電劣化試験法は注目に値する。しかし課電圧が32 kV/mmで非常に高いため、酸化劣化よりもコロナ放電劣化による誘電正接の増加が大きいと考えられる。したがってケーブルの使用状態に近い油浸紙による課電劣化試験法が今後の課題である。

## 3. 試料および実験方法

### 3.1 試 料

代表的OFケーブル油10種類の物理、化学および電気特性を第2表に示す。同表のU-1油は粘度が高いのでわが国で使用するのに

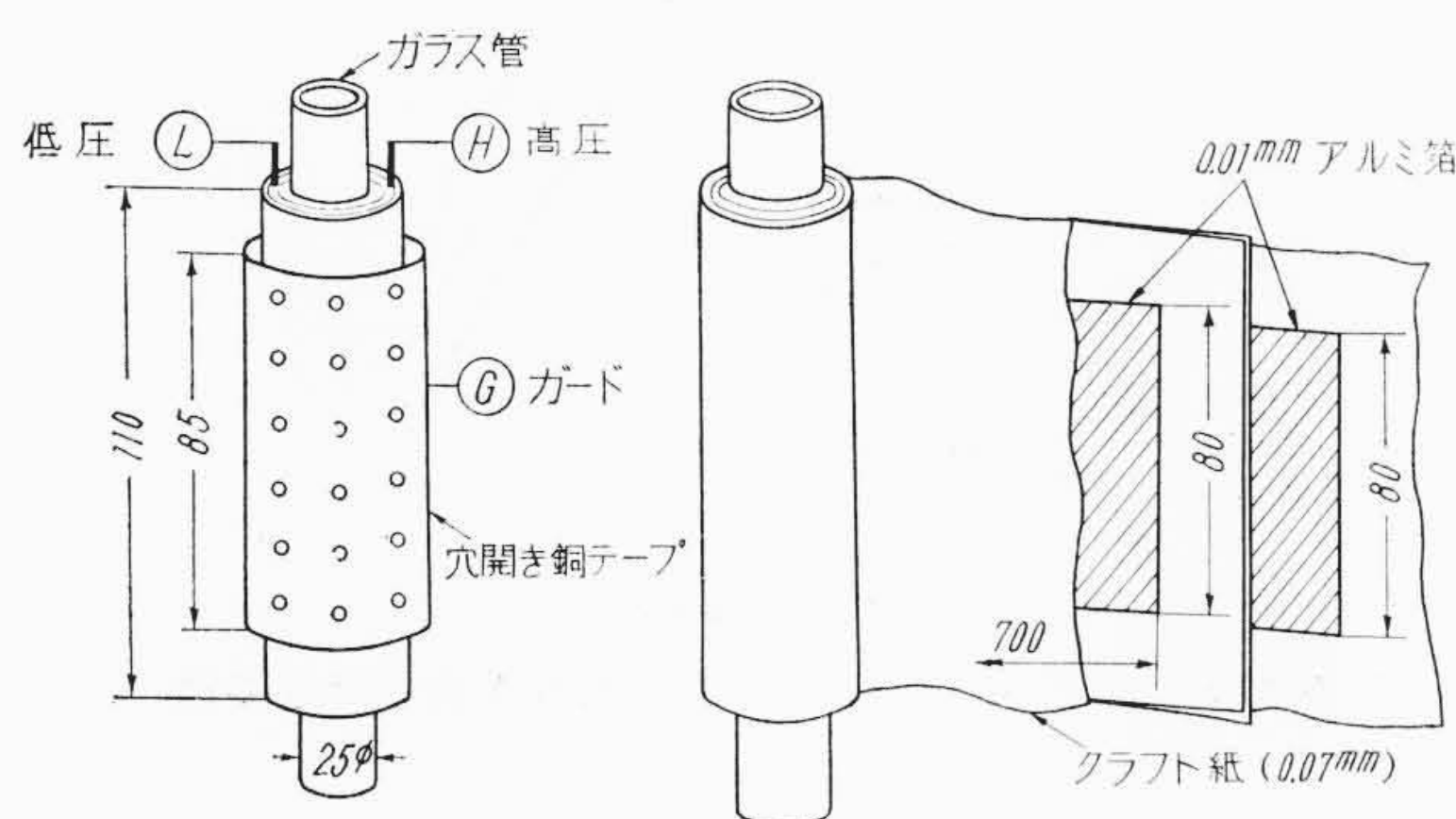
\* 日立電線株式会社電線工場



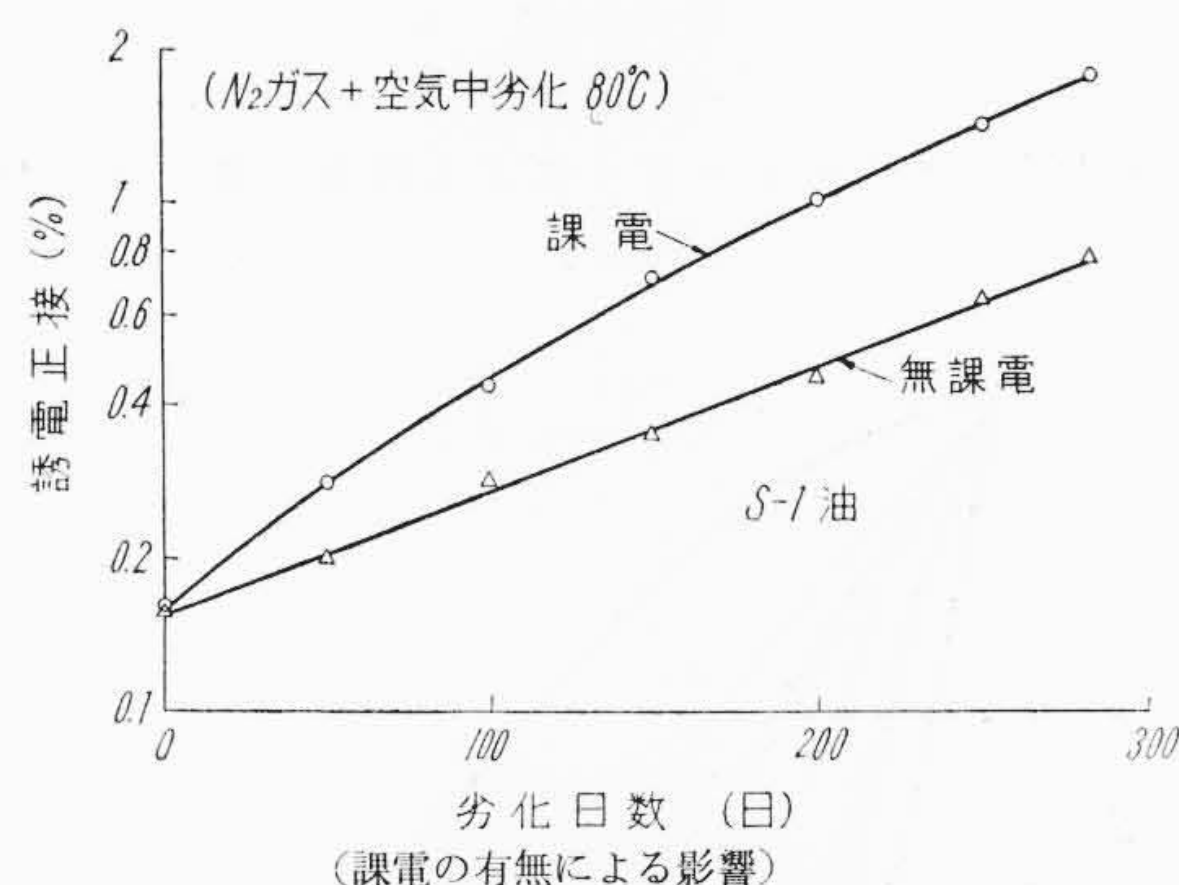
第2表 絶縁油の諸特性

| 項目                                              | 試油 | U-1    | U-2    | N-1    | N-2    | NK-1   | NK-2   | NK-3       | D-1    | S-1    | S-4    |
|-------------------------------------------------|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|--------|--------|--------|
| 比重 (15°C)                                       |    | 0.8960 | 0.9071 | 0.8840 | 0.8890 | 0.8848 | 0.8690 | 0.8763     | 0.8750 | 0.8964 | 0.8950 |
| 引火点 (°C)                                        |    | 155    | 135    | 138    | 136    | 159    | 161    | 146        | 135    | 162    | 153    |
| 流動点 (°C)                                        |    | -41.5  | -45    | -55    | -30    | -35    | -25    | -30        | -27    | -30    | -40    |
| 比分散                                             |    | 113    | 109    | 110    | 117    | 112    | 109    | 95         | 111    | 126    | 118    |
| フルフロール数 (%)                                     |    | 3.0    | 6.0    | 5.0    | 7.0    | 8.0    | 5.0    | 2.0        | 5.0    | 7.5    | 5.5    |
| 酸価 (mgKOH/g)                                    |    | 0.004  | 0.009  | 0.008  | 0.003  | 0.006  | 0.004  | 0.007      | 0.006  | 0.005  | 0.003  |
| 透過率                                             |    | 99.5   | 98.0   | 100.0  | 99.5   | 98.5   | 98.5   | 100.0      | 100.0  | 99.5   | 100.0  |
| 粘度 (c.p.) 20°C                                  |    | 48.0   | —      | 13.3   | 13.7   | 17.8   | 16.2   | (30°C)11.3 | 11.6   | 28.5   | 25.7   |
| 誘電正接 (%)                                        |    | 0.02   | 0.67   | 0.01   | 0.01   | 0.14   | 0.01   | 0.25       | 0.13   | 0.01   | 0.01   |
| 固有抵抗 ( $\Omega\text{-cm}$ ) (10 <sup>12</sup> ) |    | 250    | 6.3    | 680    | 250    | 38     | 180    | 13         | 42     | 200    | 570    |
| 耐コロナ特性 (%)                                      |    | -21    | +96    | -55    | -35    | -13    | -54    | +21        | -36    | -60    | -53    |

注：誘電正接、固有抵抗の測定温度 80°C、透過率は分光光度計を用い波長 600 m $\mu$  で測定 (3)



第1図 モデルケーブルの構造



第2図 モデルケーブルによる誘電正接の劣化特性

は適当でないが、そのほかの絶縁油は規格に合格する低粘度油である。

フルフロール数、比分散は芳香族量を間接的に示す尺度として一般に用いられている。またこれらの値が小さいほど精製度が進み、耐コロナ特性は低下することを実験的に確めたが<sup>(4)</sup>、酸化安定性は反対にすぐれているといわれている<sup>(17)</sup>。

実験に用いた試油は前報<sup>(4)</sup>の耐コロナ試験に用いた絶縁油で、フルフロール数2~8%、比分散95~126である。耐コロナ試験結果からN-2、NK-3油はガス発生形であるが、その他はガス吸収形で耐コロナ特性が良い絶縁油である。

### 3.2 実験方法

モデルケーブルは第1図に示したように、0.07 mm クラフト紙2枚をコンデンサ形エレメントにし、25 mm $\phi$  のガラス管に固く12回巻付け、さらに 0.1 mm 穴開き銅テープでおさえ巻きした。この場合絶縁油に直接接触する銅テープの表面積は 85.5 cm<sup>2</sup>である。アルミ箔間の紙厚は約 0.14 mmで、幾何学的静電容量は約 7,000 PFであった。

モデルケーブルは真空ガラス容器に収容し、ケーブルの L, H, 端子 (第1図参照) を容器の測定用引出線に接続した。この試料を 100°Cの恒温油槽で 24 時間真空乾燥後真空状態で常温にもどし、4 号ガラスフィルタをとおして脱ガスした絶縁油を含浸した。

空気中の劣化試料は塩化カルシウムの乾燥器をとおした空気で満し、試油に水分の溶解することを防いだ。また N<sub>2</sub> ガス中の試料も同様に乾燥剤を通した純粋に近い N<sub>2</sub> ガスを封入し大気圧に保った。

含浸後試料管は 80 $\pm$ 1°C に調節した恒温油槽に入れて加熱し、AC 50 c/s 10 kV/mmの電圧を連続 100 日間空気中で課電した場合および無課電の実験を行った。また N<sub>2</sub> ガス中では現在 850 日間継続して測定している。

誘電正接は随時シェリングブリッジを用い AC 60 c/s 1,000 Vで、絶縁抵抗は直偏法で DC 270 V 1 分後の値を測定した。

## 4. 実験結果

### 4.1 劣化特性に及ぼす課電の有無

試油単独に課電した場合には、無課電に比較して酸化物の生成が促進されることが報告されている<sup>(10)</sup>。ただ油浸紙に対する課電の有無による誘電特性の変化は明らかでない。しかもケーブルの設計あるいは使用上は、絶縁油自体よりむしろ油浸紙の状態における誘電特性の変化が重要である。これらの影響を明らかにするため、モデルケーブルを用い課電の有無による劣化特性を測定した。

モデルケーブルの誘電正接の変化は、課電の有無によって第2図のように顕著に影響し、課電された場合には著しく劣化が促進される。これは課電によって有極性の酸化物の生成が進むためである<sup>(11)</sup>。この実験結果から今後の実験では 275 kV 級 OF ケーブルの使用時における最大電位傾度を考慮して、10 kV/mm を課電した場合の安定度試験を行うことにした。

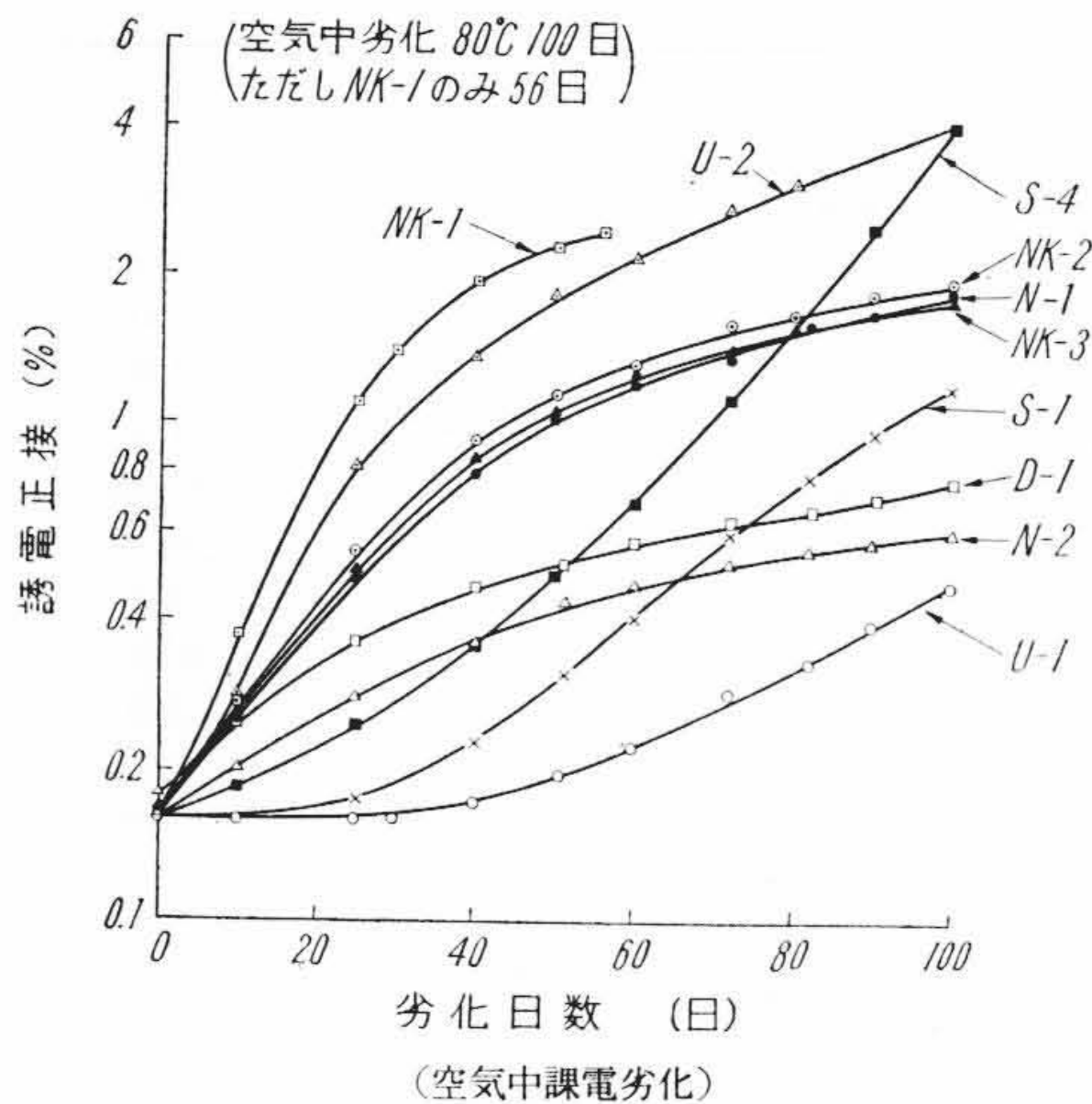
### 4.2 空気中の課電劣化特性

実際の OF ケーブルでは絶縁油が完全に脱ガスされ、密閉状態の構造で使用されるため、酸化劣化は少ないと考えられる。ただ超高压ケーブルでは銅損および誘電体損の発熱により、導体の温度は 100°C 前後に上昇することが考えられる。このように過酷な条件で使用される絶縁油は、微量な空気が存在しても電氣的ストレスによって酸化劣化が起きやすいことが懸念される。

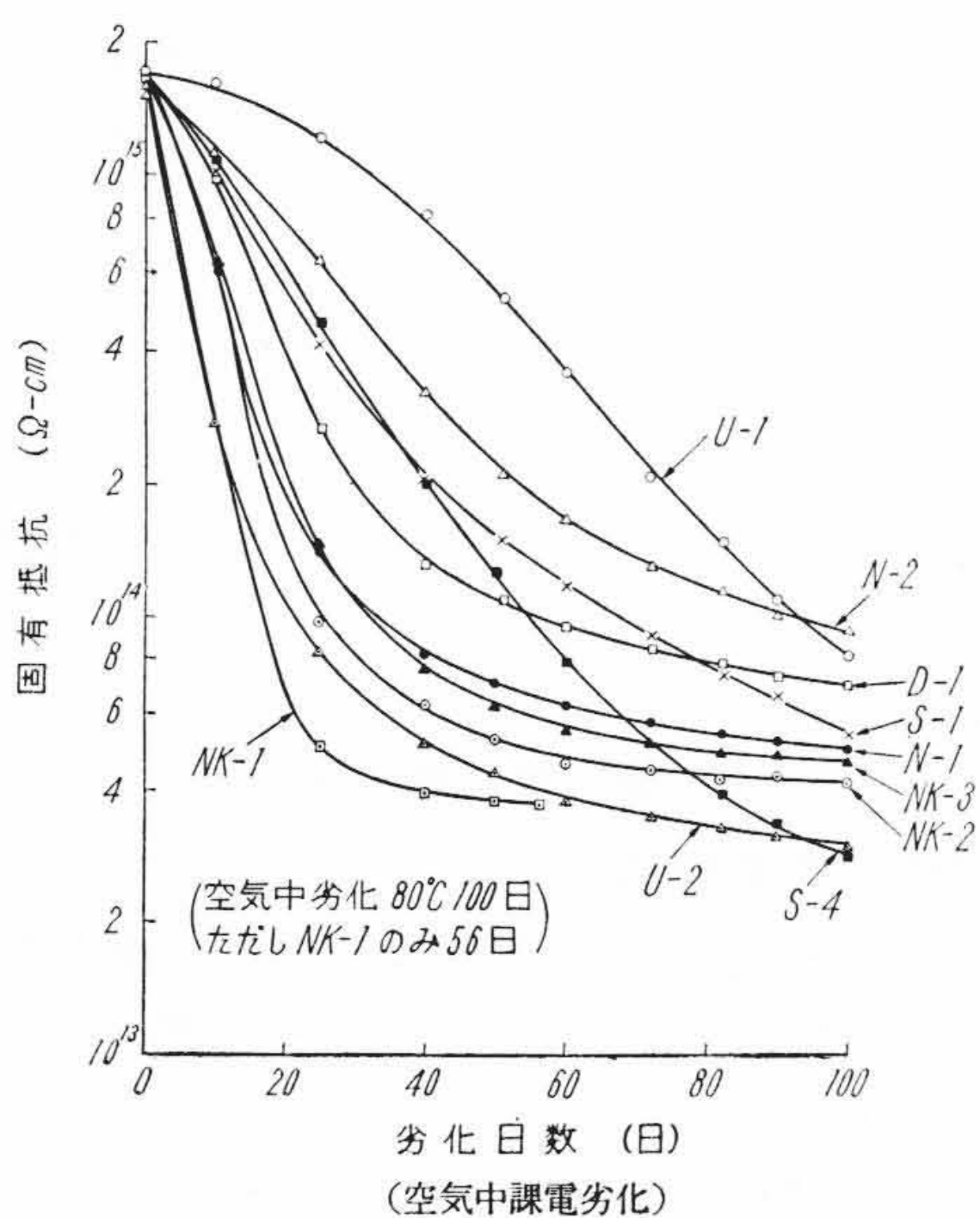
酸化安定度試験法は完全密閉の構造で実験することが理想的であるが、長期間を要し実用的でない。このため実用条件に近い酸化安定度試験法として、モデルケーブルによる空気中の課電劣化試験を 100 日間行って比較した。ただし NK-1 油は劣化が早いので 56 日間で中止した。

モデルケーブルによる空気中課電劣化の 50 日間および 100 日間における誘電特性の変化と、劣化試験を行った 100 日後の抽出絶縁油の化学および誘電特性の変化を第3表に併記した。なお詳細については後章で考察する。

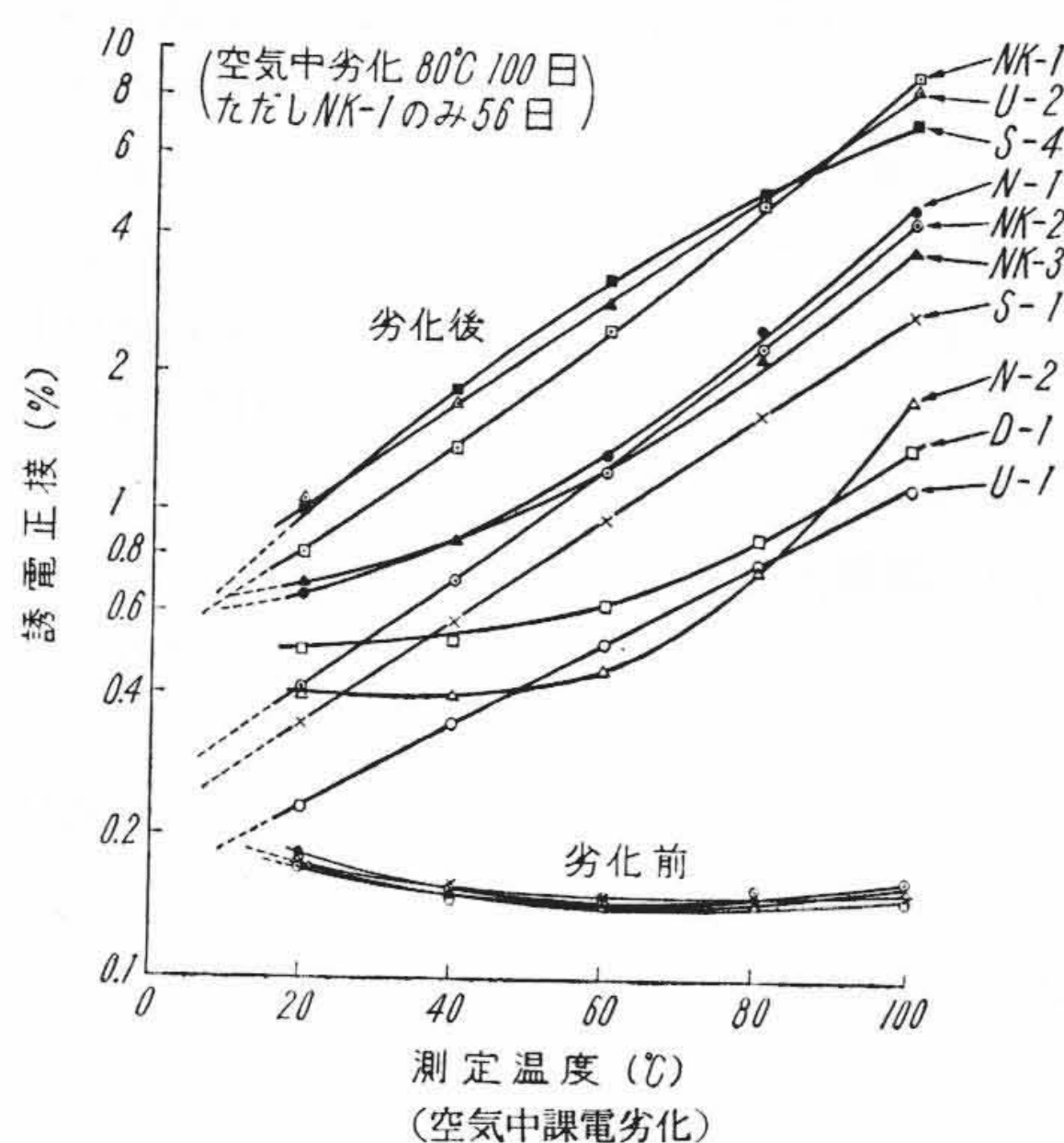




第 3 図 モデルケーブルによる誘電正接の劣化特性

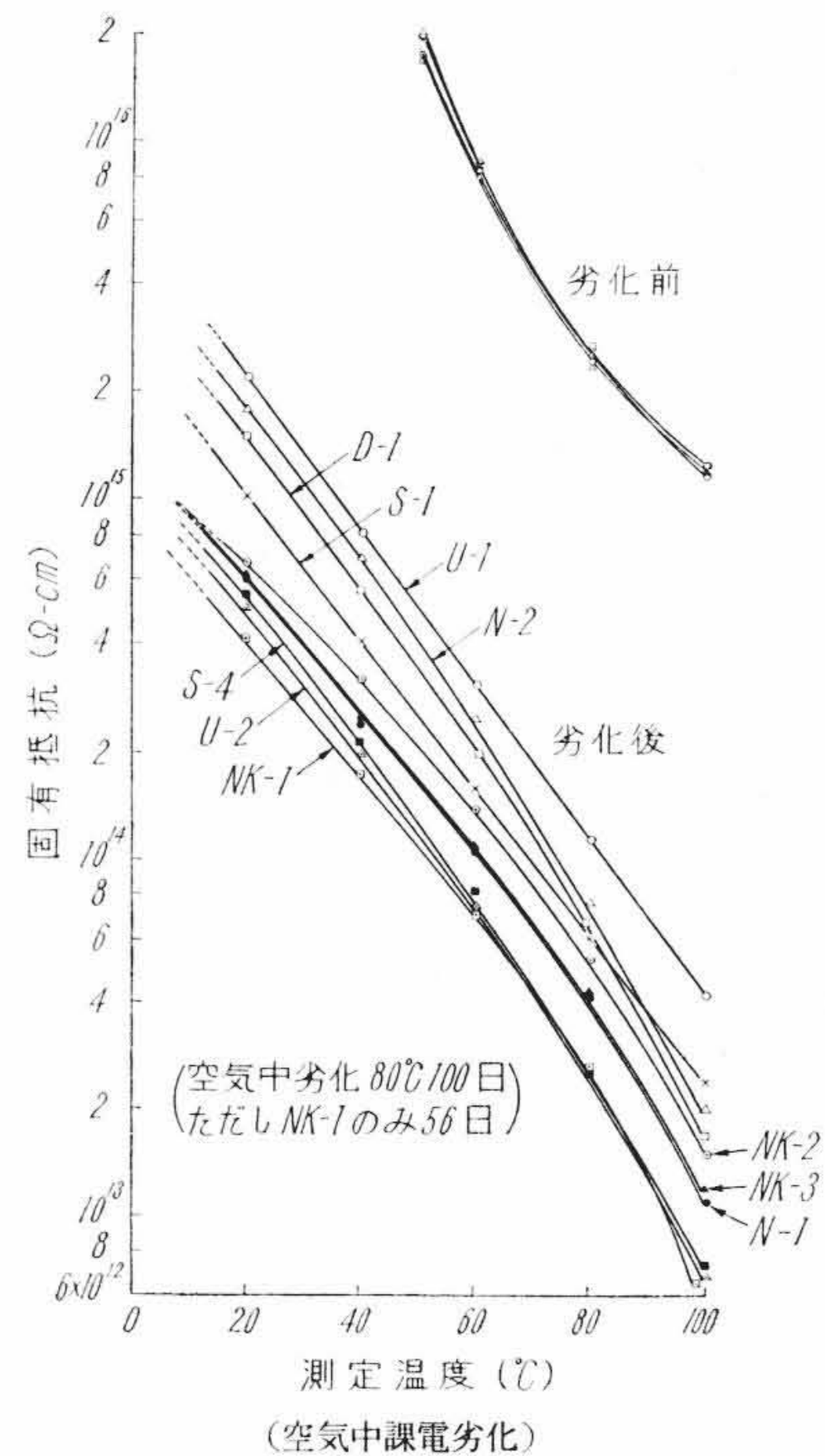


第 4 図 モデルケーブルによる固有抵抗の劣化特性

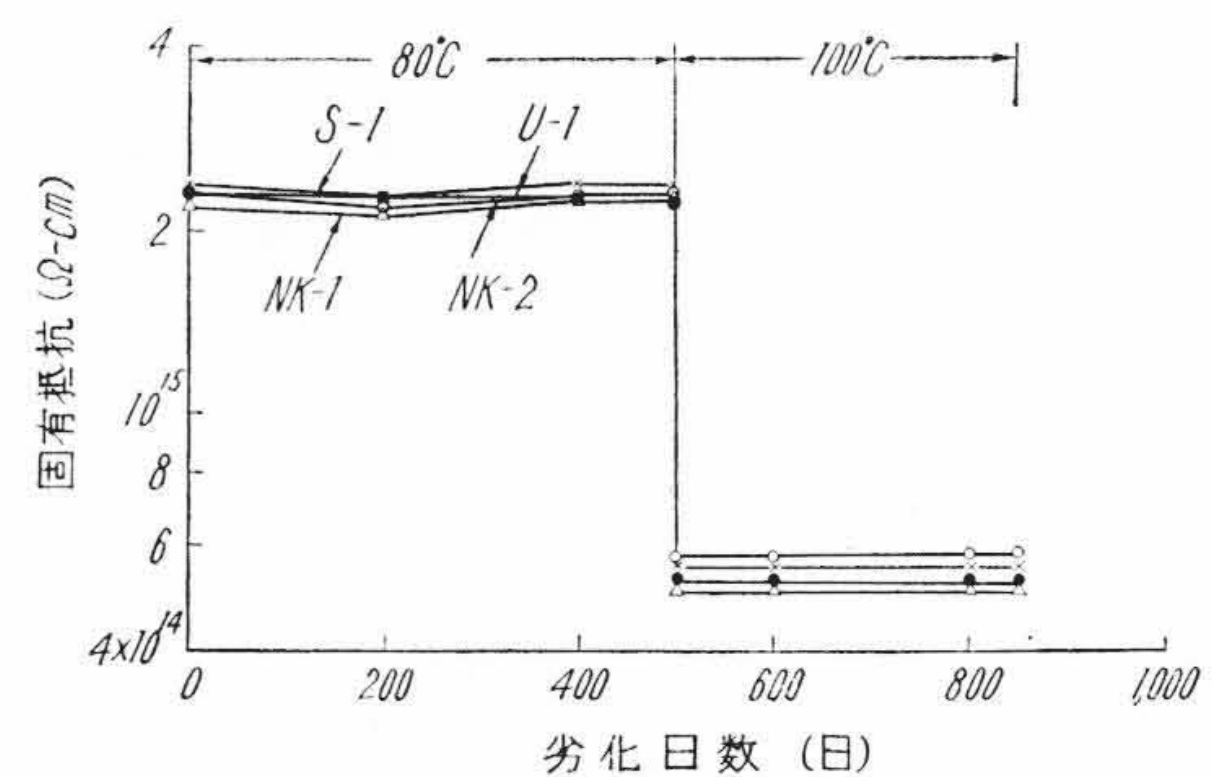
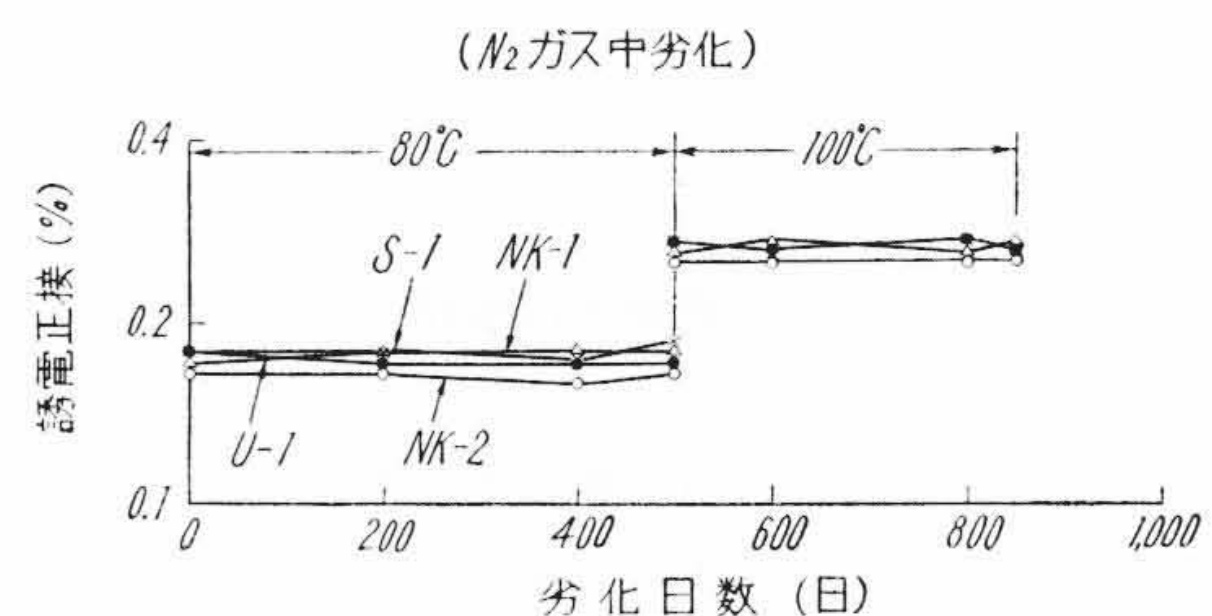


第 5 図 モデルケーブルによる誘電正接の温度特性

モデルケーブルによる誘電正接および体積固有抵抗の劣化時間特性は、第 3, 4 図のように大別して劣化の形態には二種類が認められた。すなわち U-1, S-1, S-4 油のように誘導期間が長く、徐々に誘電正接が大きくなる自己触媒形と、ほかの絶縁油のように誘導期間は短い、短時間に誘電正接がほぼ一定になる自己抑制形がある<sup>(13)</sup>。



第 6 図 モデルケーブルによる固有抵抗の温度特性



第 7 図 モデルケーブルによる誘電正接および固有抵抗の劣化特性

F. M. Clark 氏<sup>(14)</sup> は前者のような特性をもつ絶縁油に対して高度精製油、後者を適度精製油（精製不十分な油もこのような特性を示す）と呼称している。このような呼び方の可否は酸化劣化のみでなく、耐コロナ特性をあわせて考慮する必要がある。

第 5, 6 図は劣化前および空気中における 100 日間にわたる課電劣化後の誘電正接および固有抵抗の温度特性である。図より劣化前は各試油共誘電正接の差は認められなかったが、劣化後は絶縁油が劣化しにくいもの、中位のもの、非常に劣化しやすいものと三つのグループに大別できた。誘電正接の増加は絶縁油中に生じた有機酸のためと考えられ、同時にイオン伝導が増加し<sup>(15)</sup> 体積固有抵抗は減少した。

#### 4.3 N<sub>2</sub> ガス中の課電劣化特性

空気中の課電劣化試験は実用状態とあまりかけ離れるため、前述



第3表 各種OFケーブル油の空气中劣化特性

| 項 目                             |      |                                | 試 油                            | U-1   | U-2   | N-1   | N-2   | NK-1  | NK-2  | NK-3  | D-1   | S-1   | S-4  |
|---------------------------------|------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| モデルケーブルによる<br>誘電特性の劣化           | 0日   | 誘電正接 (%)                       | 0.16                           | 0.18  | 0.16  | 0.16  | 0.16  | 0.15  | 0.17  | 0.16  | 0.16  | 0.15  |      |
|                                 |      | 固有抵抗 (Ω-cm)(10 <sup>12</sup> ) | 1,700                          | 1,500 | 1,700 | 1,700 | 1,800 | 1,700 | 1,600 | 1,700 | 1,600 | 1,700 |      |
|                                 | 50日  | 誘電正接 (%)                       | 0.19                           | 1.80  | 1.00  | 0.42  | 2.30  | 1.15  | 1.05  | 0.52  | 0.30  | 0.49  |      |
|                                 |      | 固有抵抗 (Ω-cm)(10 <sup>12</sup> ) | 550                            | 440   | 71    | 220   | 38    | 53    | 62    | 110   | 150   | 130   |      |
|                                 | 100日 | 誘電正接 (%)                       | 0.47                           | 4.00  | 1.85  | 0.60  | —     | 1.95  | 1.80  | 0.77  | 1.20  | 4.00  |      |
|                                 |      | 固有抵抗 (Ω-cm)(10 <sup>12</sup> ) | 81                             | 30    | 50    | 92    | —     | 41    | 47    | 70    | 55    | 29    |      |
| モデルケーブルよりの抽出油の誘電特性<br>(100日劣化後) |      |                                | 誘電正接 (%)                       | 5.0   | 14.5  | 8.75  | 1.91  | *10.3 | 10.0  | 10.45 | 1.72  | 6.3   | 8.82 |
|                                 |      |                                | 固有抵抗 (Ω-cm)(10 <sup>12</sup> ) | 0.32  | 0.14  | 0.29  | 1.1   | *0.23 | 0.20  | 0.21  | 1.4   | 0.30  | 0.24 |
| 酸 価 (mgKOH/g)                   |      |                                | 0.070                          | 0.060 | 0.140 | 0.011 | *0.06 | 0.07  | 0.23  | 0.10  | 0.022 | 0.07  |      |
| 透 過 率                           |      |                                | 96.0                           | 53.0  | 72.0  | 87.0  | *63.0 | 87.0  | 67.0  | 73.0  | 82.0  | 55.0  |      |
| ビーカー試験<br>115°C×96h 加熱          |      |                                | 誘電正接 (%)                       | 0.62  | 1.22  | 1.80  | 0.34  | 3.93  | 1.89  | 0.81  | 3.26  | 1.80  | 1.82 |
|                                 |      |                                | 固有抵抗 (Ω-cm)(10 <sup>12</sup> ) | 6.9   | 2.0   | 1.7   | 7.1   | 0.58  | 1.7   | 5.6   | 0.75  | 1.9   | 1.4  |

注： 1. 誘電正接，固有抵抗の測定温度 80°C  
 2. \* NK-1 油は56日でモデルケーブルの課電劣化試験を中止しているため抽出油の特性は56日後の値を示す  
 3. 酸価，透過率の劣化後はモデルケーブルにより抽出した絶縁油について測定した  
 4. 透過率は分光光度計を用い波長 600 m $\mu$  で測定<sup>(3)</sup>

のような N<sub>2</sub> 中の酸化安定度試験を行った。なお酸化安定度の悪い絶縁油をOFケーブルに使用した場合の実用試験結果は，ケーブルの寿命を推定する上に重要である。したがって第3図で酸化安定性が良いU-1，S-1油と悪いNK-1，NK-2油の各二試料を用い，油面の空げき部には純度 99.98%の N<sub>2</sub> ガスを封入した。

モデルケーブルに80°C中で 10 kV/mm を課電し，500 日間の劣化試験を継続したが，第7図のように誘電正接および固有抵抗の変化は認められなかった。さらに温度を100°Cに上昇させ現在までに850 日間(通算)にわたる実験を継続している。これらの結果から温度上昇による誘電特性の変化以外には，酸化安定性の悪いNK-1油でさえいまだに劣化の影響が表われていない。長年月にわたる絶縁油の劣化を知るために現在実験を継続している。

## 5. 結果の検討

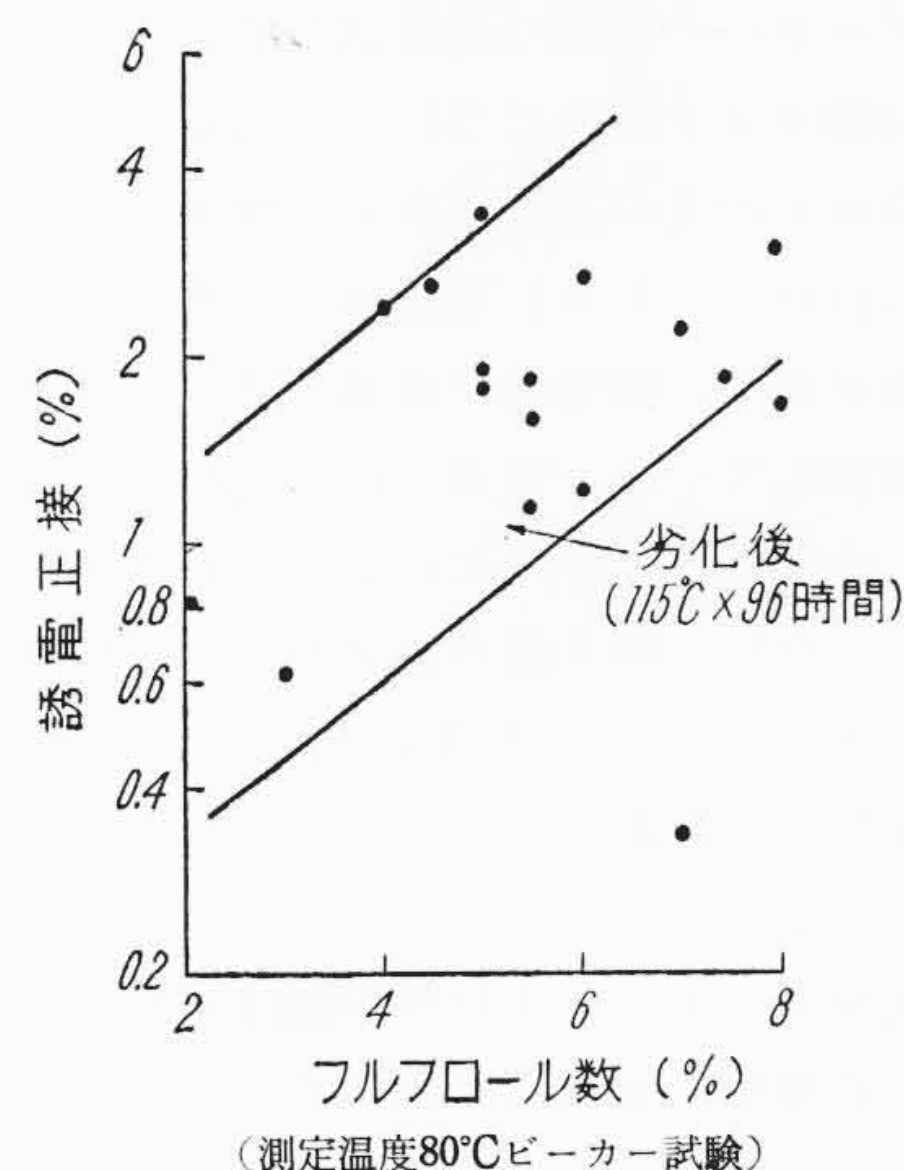
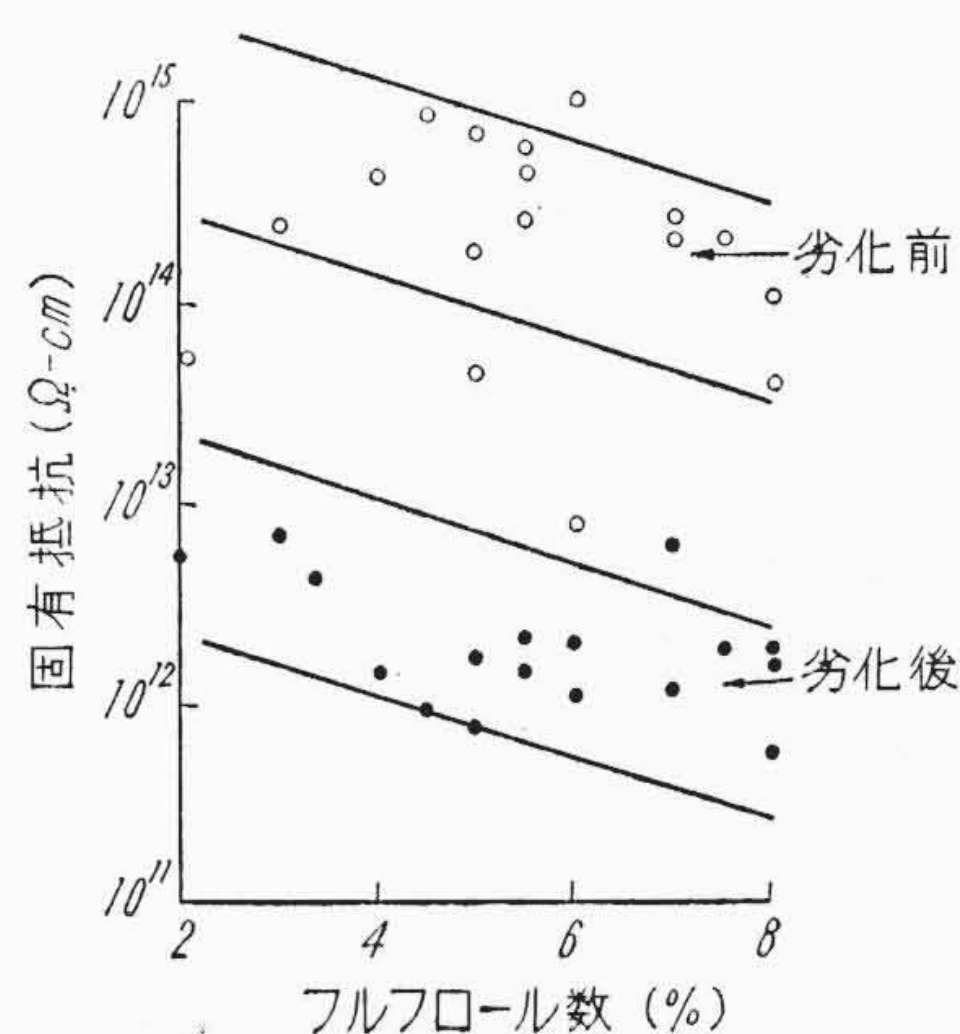
### 5.1 ビーカー試験との比較

絶縁油の酸化安定性は劣化の条件によって支配されるため，得られた結果も異なってくる。長期間のモデルケーブルによる劣化試験のかわりに，ビーカー試験を代行できれば，短時間で絶縁油の酸化劣化を知ることができ有利である。

比較試験のためGE社で実施しているビーカー試験法で安定度の測定を行った。試験法は深さ約 100 mm，内径約 70 mm $\phi$  の 400 cc 入りパイレックスガラスビーカーに 300 cc の絶縁油を入れ，115°C の乾燥器中で 96 時間加熱する。加熱後ただちに 80°C で誘電正接および固有抵抗を測定し，これらの結果を第3表に示す。

従来の文献に報告された結果をみても絶縁油単独あるいは油浸紙の状態で電気的ストレスを加えると，ビーカー試験に比較して酸化が著しく促進され，これらを総括的に述べると次のようになる<sup>(10)(11)(16)</sup>。

- (1) 水分が存在するときは絶縁油が課電による影響を受けやすい。
- (2) 絶縁油に課電した場合には劣化が促進され，絶縁油の良否が短時間に判定できる。
- (3) 絶縁油にコイルを浸してこれに課電すると，絶縁油の酸化が著しく促進される。
- (4) 絶縁油に銅を入れ，これに 10 kV 課電し酸化を行うときには，無課電に比較してスラッジは 100%，酸，タール状物質，樹脂質は35%も増加する。
- (5) ブラッシ放電のようにわずかの放電によっても，炭化水素



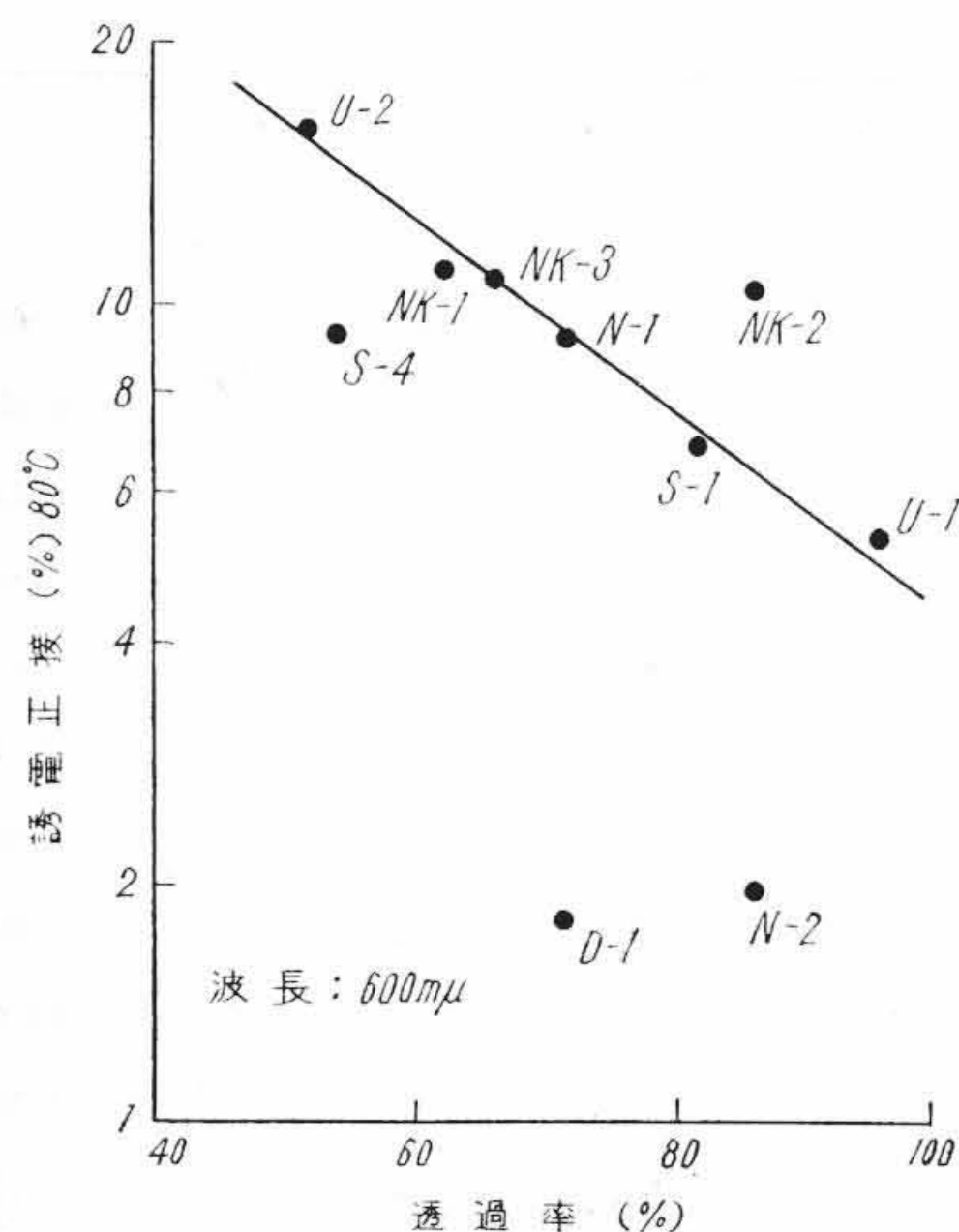
第8図 OFケーブル油の誘電特性とフルフロール数との関係  
(測定温度80°Cビーカー試験)

は最初に脱水素反応を起し，ついで残基が結合して大きい分子を生じ絶縁油の粘度を増加する。

F. M. Clark 氏は過度精製油中に絶縁紙が存在するときには，劣化によって生じた有機酸を絶縁紙が吸着し，誘電正接は増加する。このため高電界下で小形蓄電器を用い誘電正接の変化を測定することを推奨し，ビーカー試験により絶縁油を選択することが危険であることを指摘している。ただこの試験法は 32 kV/mm の電位傾度を課電しているので，酸化劣化よりコロナ放電劣化の影響が大きいと思われる。

筆者らのモデルケーブルにおいては課電圧が 10 kV/mm である





第9図 モデルケーブル抽出油の透過率と誘電正接の関係

から、コロナ放電の影響はなく、第3、4図の特性は空気中における課電による酸化劣化である。しかしこの条件においても劣化特性をビーカー試験による劣化特性と比較すると、両試験法による劣化順位は一致しない。したがって絶縁油の選択法としては、ビーカー試験の条件は実用条件とかけはなれており、このように過酷な酸化試験より、モデルケーブルによる課電劣化法が実用試験としてすぐれている。

### 5.2 化学特性と誘電特性の比較

精製度が進むと酸化安定性は良くなるが、耐コロナ特性は低下するといわれている。これらの関係を明らかにするため、フルフロール数とビーカー試験後における劣化油の誘電特性を第8図に示した。図から明らかなように精製度が進んだフルフロール数の小さい絶縁油ほど劣化しにくい。このような関係はモデルケーブルにおいても見られた。データの変動は絶縁油の組成が異なるためであると思われる。なお耐コロナ特性については既報した<sup>(4)</sup>。

酸価と波長 600 mμ の光の透過率および酸価と誘電正接との間には相関性が認められない。しかし透過率と誘電正接との間には第9図のように相関性があり、特定の絶縁油を除いては透過率が小さいほど誘電正接は増加している。従来一般に着色にともなって誘電正接が増加することは報告<sup>(17)</sup>されているが、着色度について定量的な表現は行われていない。第9図の結果から波長 600 mμ の光の透過率はこの問題を検討する上に非常に役だつことが明らかになった。なお図中直線関係から離れているD-1、N-2油は前者は外国油でビーカー試験によると劣化しやすいが、モデルケーブルでは劣化しにくい特殊な絶縁油である。またN-2油は赤外線スペクトルおよびクロマト分析の結果酸化安定剤を含んでいると考えられる絶縁油であった。

### 5.3 OF ケーブル油の選択基準

代表的絶縁油の空気中における課電劣化の測定結果から、自己触媒形と自己抑制形に大別できる。自己触媒形のU-1、S-1油などは初期特性がすぐれているが、長時間になると自己抑制形のN-2、D-1油などが良い。

空气中 100 日間劣化後における誘電正接の温度特性(第5図参照)から絶縁油の酸化安定性を判定すると、第1群としてU-1、D-1、N-2油、第2群としてS-1、NK-3、NK-2、N-1油、第3群とし

てS-4、U-2、NK-1油の順に酸化安定性がすぐれている。

これらの絶縁油の種類による差は、微量の不純物を含む N<sub>2</sub> ガス中の課電劣化(第7図参照)では非常にわずかであるが、OF ケーブルには熱劣化特性のすぐれた油が望ましい。

なおOF ケーブルにおいては高温、高電界でストレスが加えられるため、前報<sup>(4)</sup>のように耐コロナ特性の良好なことが必要である。したがってOF ケーブル油には耐コロナ特性の検討を主体として、酸化安定性についてもできるだけすぐれた絶縁油を選択しなければならない。筆者らが実験した絶縁油10種類の内で、これら両特性を満足するのは自己触媒形のU-1、S-1油と自己抑制形のN-2油などである。

## 6. 結 言

モデルケーブルによる各種のOF ケーブル油の課電劣化およびビーカー試験結果から、次のことを知ることができた。

(1) モデルケーブルによる空気中の課電劣化試験法は、絶縁油の酸化安定性を決定する方法として、ビーカー試験法より実用的ですぐれている。

(2) 各種の絶縁油10種類の空気中における課電劣化特性を測定した結果、自己触媒形と自己抑制形の二種類に分類できた。しかし N<sub>2</sub> ガス中では 80°C および 100°C 中の劣化を 850 日間にわたって行ったが、酸化安定性の悪いNK-1油がいまだに劣化していないので、引続き測定を続行している。

したがってOF ケーブル油としては、耐コロナ特性がすぐれしかも酸化に対して安定なU-1、S-1、N-2油などの絶縁油が適当である。

(3) フルフロール数が小さい絶縁油ほど酸化安定性は良くなる。しかし反対に耐コロナ特性は悪くなるので、OF ケーブル油としての適正な精製度を決定することが今後の研究課題である。

(4) 劣化油の化学特性と誘電特性は明りょうな関係をうるものが困難であったが、透過率はほぼ比例関係を認められた。

筆をさしおくに当り本研究に際しご助言を賜った武蔵工業大学鳥山教授、日立電線株式会社久本部長、吉川課長ならびに実験に協力された遅塚氏に感謝する。

## 参 考 文 献

- (1) 高橋：日立評論 別冊 No.9 33 (昭 30)
- (2) 高橋：日立評論 36, 673 (昭 29)
- (3) 下山田，橋本，庄司：日立評論 38, 89 (昭 31)
- (4) 佐藤，下山田，安田：東京支部大会 89 (昭 33)  
日立評論 41, 951 (昭 34)
- (5) Sun Oil Company Laboratories Aging Tests (1957) (G. E. Method)
- (6) C. Zerbe: Mineral Ole 948 (1952)
- (7) G. E. Bennet: Trans A. I. E. E., 76, pt. III 687 (1957)
- (8) A. Wallraff: E. T. Z., A 63, 539 (1942)
- (9) C. I. G. R. E., Study Committee No. 1 (1959)
- (10) H. W. L. Brukman, M. G. A. Haakbas: H. T. Z., A 52, 1269 (1934)
- (11) F. M. Clark: I. E. C., 34, 110 (1942)
- (12) 七里，平井：電学論 4, 27 (昭 18)
- (13) 永田：機械の研究 5, 667 (昭 28)
- (14) F. M. Clark: I. E. C., 31, 327 (1937)
- (15) F. George, F. Walter: Insulation No. 6, 19 (1959)
- (16) 山田：電気絶縁油 101 (昭 24 産業図書)
- (17) 高橋：電学誌 77, 1457 (昭 32)