

# OF ケーブル油について

高橋 治 男\*

## Oils for Oil-filled Cable

By Haruo Takahashi, D.S.

Hitachi Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

### Abstract

In spite of the fact that the wire industry has come to pay due recognition to oils used in O.F. cables and that effort has been continued for the improvement of existing oils to impart them more suitable qualities for the purpose, very few reports, if any, have been published to this date in relation to the specific research works in this field, whether theoretical or experimental. This situation is clearly ascribed to the policy of individual manufacturer who regards their knowhow about the oil as the privilege directly concerned to their interest and therefore to be kept behind curtain. The lack of cooperating frame of mind in the wire industry as such is hampering to much extent the improvement of oil which would otherwise be realized at much more rapid rate.

In this paper, the writer, who holds a prominent position in the wire manufacturing activity of Hitachi, Ltd., as well as of Japan, discloses openly all about this kind of oil and indicates some of the properties which should be taken up first for the improvement of the oil, giving a detailed description of the importance of electrical properties, oxydation stability, and the gassing tendency.

### 〔I〕 緒 言

ケーブル用油には粘度が高い重質のもので、しかもさらにこれに樹脂質を添加して流動性を減じて用いる SL ケーブルなどのための油と、比較的粘度低く流動性を必要とする OF ケーブル用との 2 種類がある。前者は未だ国産化が完成せず選択改良などの自由度はないが、後者は本邦ではおおむね蓄絶油と共用されて国産原油より製造されており、需要者の要求により種々改良が試みられている。

この油に対する要求は、化学的面と電気的面との双方から見なければならず、これに加えて絶縁紙との相関も考慮に入れて検討する必要がある。こうするとさらに問題は難しくなるため語るのを避ける傾きも多い。

電気絶縁油の箇々の性能の詳細については、単に OF ケーブル油に限らず蓄電器用油などにも共通するため、

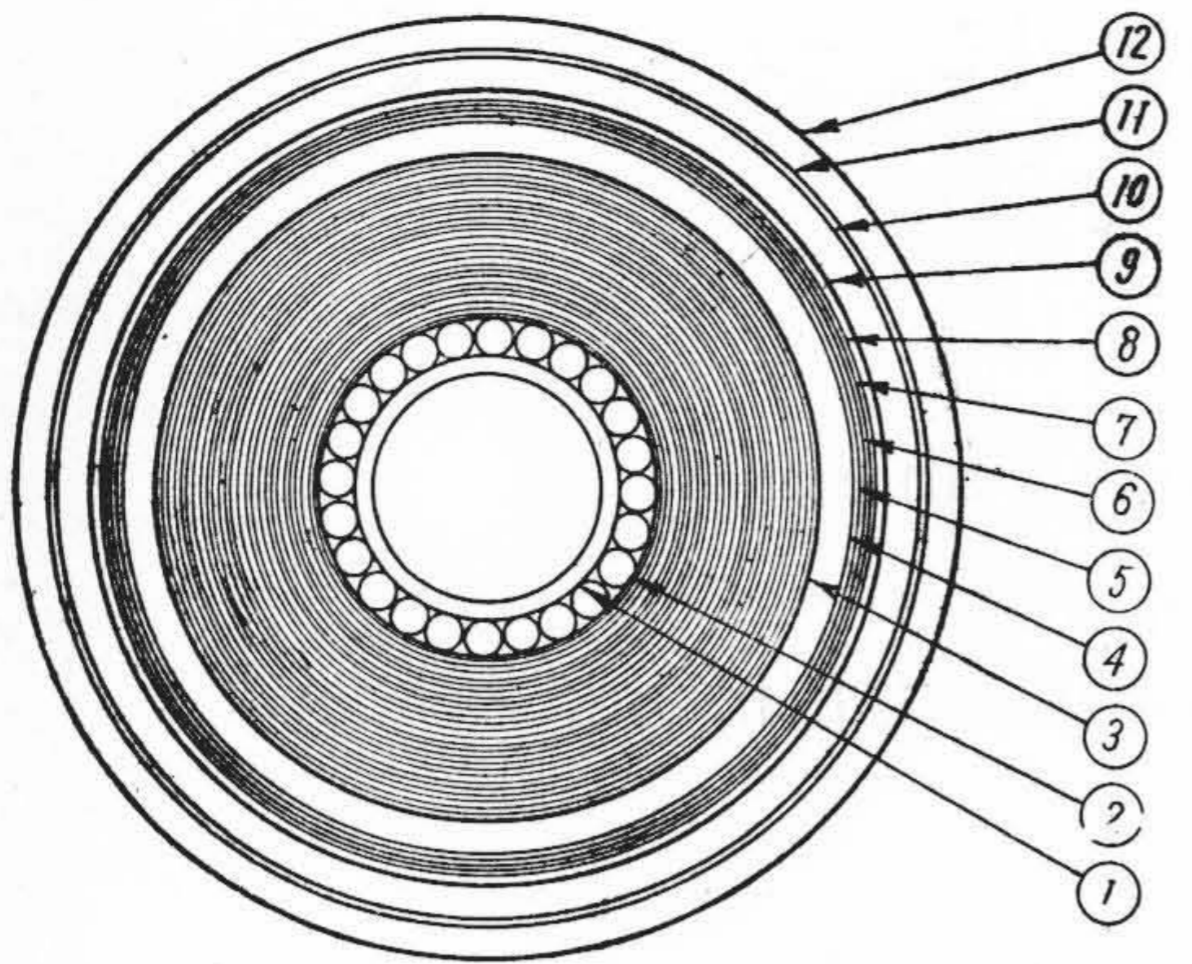
\* 日立製作所日立研究所 理博

それぞれ稿を改めて詳述することとし、ここには OF ケーブル油の問題点を解説することにとどめる。

OF ケーブルは油通路を具え(第1図次頁参照)、ケーブル内の油の流動が自在である。ケーブル端に給油装置(第2図次頁参照)を具え、油の漏出、空隙の発生に対して自動的に油を送つて補充する作用があり、特に高電圧の場合、これらの原因による事故を補償することができるため、もつぱら高圧ケーブル用として用いられ、現在 380 kV までのものが作られている。

### 〔II〕 電 気 的 特 性

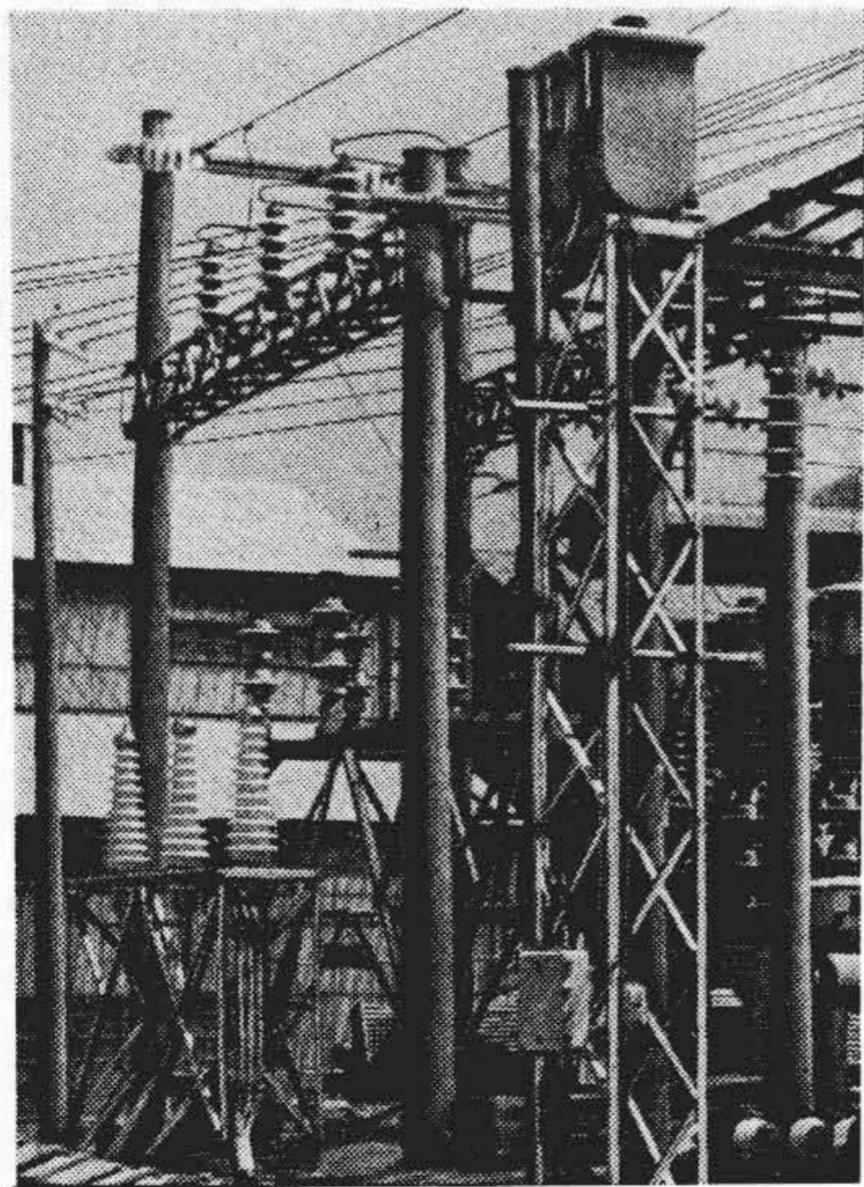
OF ケーブルは高電圧用であるため、油の電気特性には峻厳なものが要求される。すなわち、高破壊電圧値、高絶縁抵抗値、低損失角を必要とする。破壊電圧は油の処理法、特に微細懸濁物の除去、水分およびガスの除去により上昇し、普通状態で 30 kV 前後の油でも 80~90 kV に達しさせることができる。これは濾過、真空ガ



- |                   |           |
|-------------------|-----------|
| ① 油通路(硬銅帯スパイラル管)  | ⑦ 硬銅テープ   |
| ② 導 体 (24/2.0 mm) | ⑧ 黄銅テープ   |
| ③ 絶 縁 紙           | ⑨ ゴム引綿テープ |
| ④ 内 部 鉛 被         | ⑩ 外 部 鉛 被 |
| ⑤ 紙 テ ー プ         | ⑪ 紙 テ ー プ |
| ⑥ ゴム引綿テープ         | ⑫ 外装ジユート  |

第1図 OFケーブルの構造  
(東邦亜鉛納 OFケーブルの例)

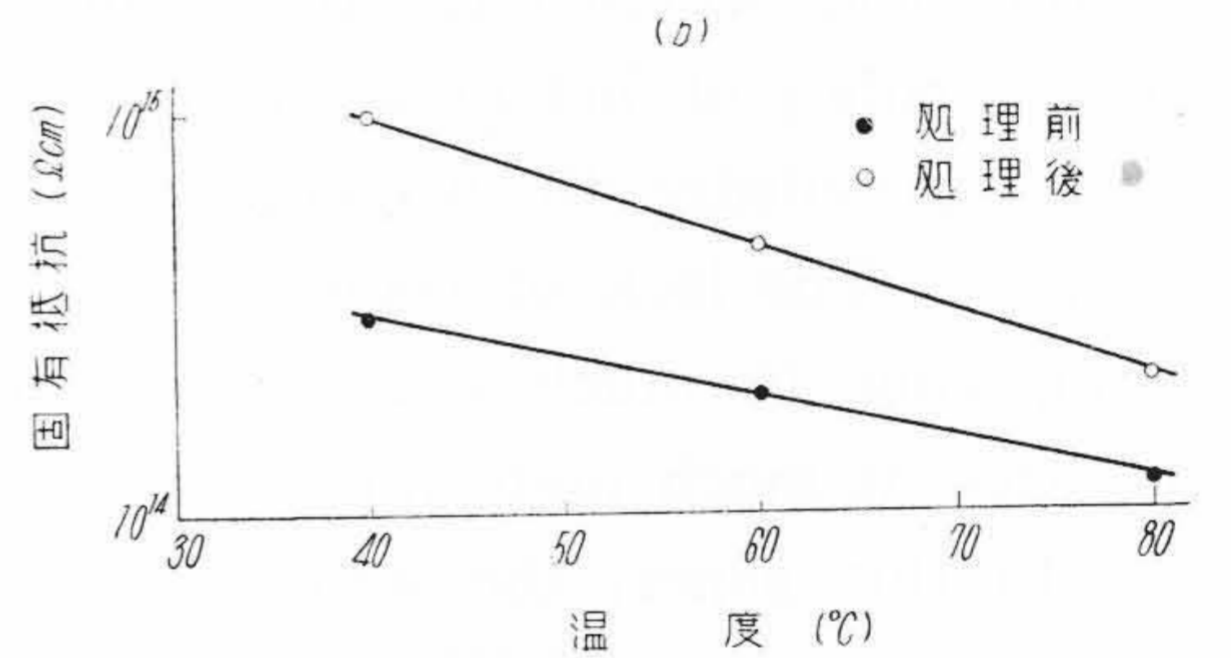
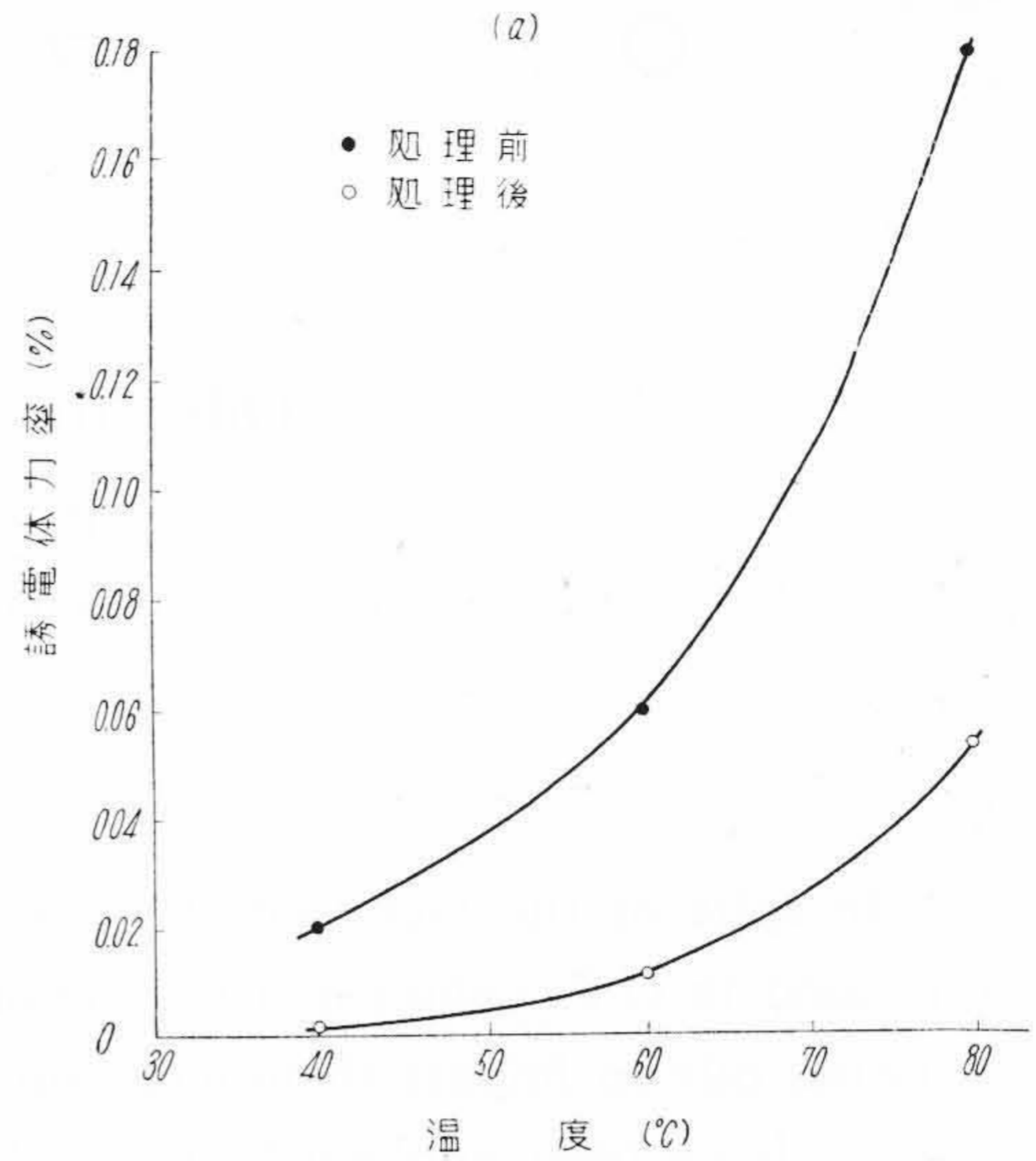
Fig.1. Structure of Oil-filled Cable



第2図 ケーブル給油槽  
Fig.2. Feeding Tank for OF Cable

ス抜きなどの操作によるもので、これらのための装置の性能に関する問題であり、油質に関することは少い。OFケーブル給油槽に入れる油の清浄に用いる小型油清浄装置(オイルステーション)の性能が高いことも必要である。

絶縁抵抗値および損失角値は油の精製度、油質にも関係し、上述のごとき除塵処理、脱湿脱ガス処理の程度にも関係する。第3図(a)(b)に真空処理をした油としない油との抵抗および損失角を比較して示した。ともに同一



第3図 脱気処理による電氣的性質の変化  
(a) 誘電体力率 (b) 固有抵抗  
(脱気処理 1 mmHg)

Fig.3. Change of Electrical Properties due to the Evacuation  
(a)  $\tan \delta$  (b) Resistance  
(Evacuation, 1 mmHg)

油についての測定値である。現在の JIS 規格絶縁油1号は OFケーブル油にも適合して良いものであるが、これらの値の測定に試油の前処理条件が示されていないのは欠点であろう。

これらの値の温度による変化も問題であり、絶縁抵抗値は温度上昇により下降し、損失角は増大するが、その傾向の少ないものを選ぶ必要がある。

### 〔III〕酸化安定性

変圧器油の場合には酸化に対する安定性の良否が最も問題になる。酸化劣化により生ずるスラッジおよび酸による変圧器性能の低下をふせぐためにどうして酸化安定度良好な油を選ぶかについては欧米<sup>(1)</sup>では活潑な研究が行われ、本邦でもようやく注目されて来た<sup>(2)</sup>。

OF ケーブル油についても酸化安定性は必要であり、安定度に注意する必要があるが、変圧器油のようにスラッジの発生するまでの酸化を問題にすることは必要でない。問題になるのは緩い酸化であつて、OF ケーブル製造操作間に変質しないこと、貯蔵間に変質しないことが大切である。前者は製造工程を注意深いものとすればかなり避けることができるが、繰返し使用間の劣化はなお問題になり、劣化したものは白土などによる入念な再生操作を必要とする。後者は輸送貯蔵に特殊な方法を講じないと現状では避け難く、しかもその影響は看過できない。油が製油所から需要者に送られるのはドラム罐によることが多いが、これは熱的膨脹収縮による呼吸作用を行い、侵入した酸素は油を酸化させる。需要者の手に渡つてからでも、貯蔵タンクに特殊設備の施されない限り酸化の危険がある。要するに製造から使用までの間に空気と接触することによる酸化が問題で、需給が円滑を欠くと、この期間が2~3箇月になる場合もある。また、ケーブルの布設工事などに持参する油は工事の都合によつて貯蔵期間が延長されることもしばしばである。

かかる期間の酸化劣化はもちろん常温酸化であり、著しいものではない。しかし、著しくないというのは、スラッジ発生などという程度の劣化に比較してのことであつて、許容しうる酸化程度に比較して論じねばならない。OF ケーブル油において問題となる絶縁抵抗、損失角にとつては上述のような酸化も著しい変化を与える場合が多い。したがつてこの程度の酸化に対する安定性が問題とされる。酸化によるこれらの性質の変化は油質によつて著しく異つている<sup>(3)</sup>。したがつて、この劣化程度の検討には、変圧器油の場合のようにスラッジ、酸などを定量しても有効でなく、絶縁抵抗、損失角を直接測定しなければならない。

電気試験所電気絶縁材料研究会絶縁油部会においては、絶縁油の安定度測定法について永く審議を重ねてきて、変圧器油については新し試験法を確立したが、コンデンサおよびケーブル油については審議が遅れ、問題は今後に残されている。したがつてこゝには、かかる測定法の一例として Pirelli<sup>(4)</sup> の試験法を引用して御参考に供するに止め、この問題の具体的検討結果は別に稿を改めて述べることにしたい。

Pirelli の試験法はつぎのようになつてゐる。

500 cc のケーブル油を径約 8.9 cm の 600 cc ビーカーにとり、径 0.2 cm、長さ 65 cm 裸銅線を螺旋状として浸す。このビーカーを幅 350 mm、高さ 350 mm、深さ 250 mm の空気恒温槽に入れ、120°C にて 50 時間加熱する。この試験前後に油の損失角—温度曲線をとる油の安定度を判断するのであるが規格値は未だ定つていない。

#### [IV] 耐コロナ性

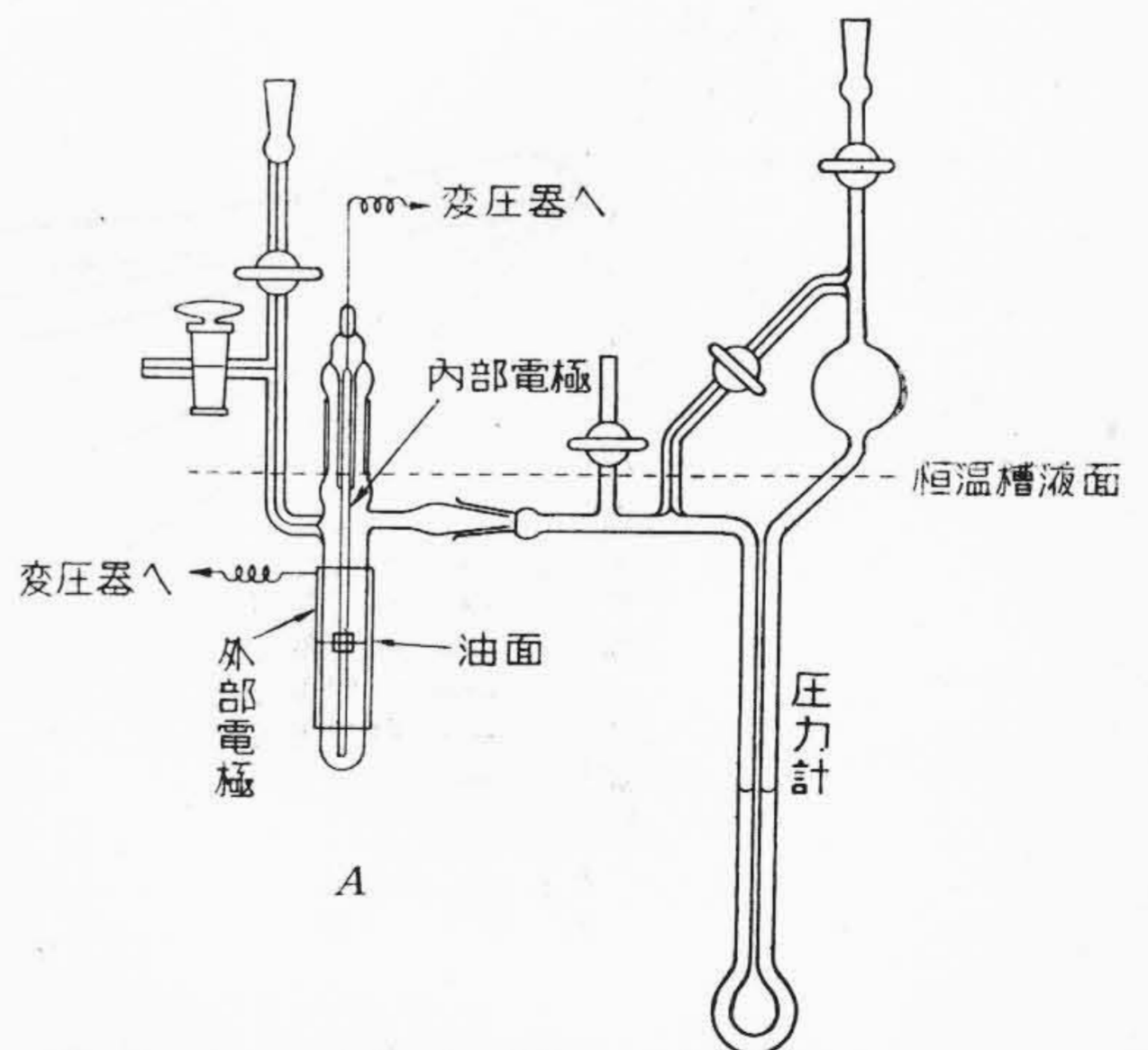
高電圧機器においては、すべての構成材料に細心の注意を払う必要があるが、特に主材料の1つである油については万一の事故に対してもより安全性の高いものを選ぶ必要がある、当然耐コロナ性が重要な点となる。

コロナによつてケーブル内の油が蠟化し、空隙発生によつてさらに放電を強め、ケーブルの破損に到つた事故があつて以来、ケーブル油の耐コロナ性は世界中で吟味されるようになった。この場合、油は電子の衝突により破壊され、水素を発生し、自らは重合して蠟化したのである。油がすべてこのようになつていくものではなく、油の成分によつて異つた挙動を示すから、油の選択が必要となる。

耐コロナ性をガス発生傾向 (Gassing Tendency) あるいはガス安定性 (Gasfestigkeit) とも呼び、コロナにより水素が発生するかどうかを問題にしている。というのは水素が発生すればいよいよコロナの発生は容易となり、油の劣化は進むからである。

この傾向の測定法としては Pirelli に基く方法が採られている。第4図に Shell Thornton 研究所の改良した Pirelli の装置<sup>(5)</sup>を示した。油をAの容器に入れ、器内を水素気圏とした後、8~10 kV の電圧をかけ油面にコロナを発生させ、圧力計油面の動きによつて水素の発生または吸収の程度を知るのである。

第5図(次頁参照)には Siemens 社 Wörner<sup>(6)</sup> の提案したオゾン管型の装置を示した。使用法は大體同じである。



第4図 Pirelli-Thornton 型 耐コロナ性試験器  
Fig. 4. Gassing Tendency Testing Apparatus. (Pirelli-Thornton Type)

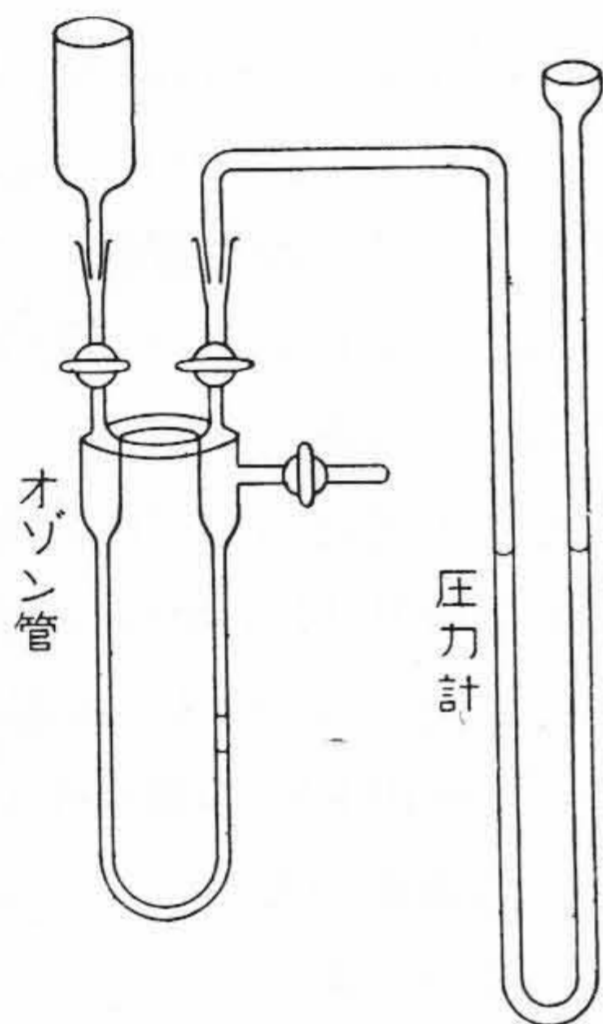
Pirelli-Thornton 型試験器による著者の実測結果を第6図に示した。この測定は温度 25°C 電圧 13 kV で行つた。試料油についての二、三の測定値を第1表に示した。

沃素価については 6.5 以下の油は水素発生型、6.5 以上の油は水素吸収型となることが知られている<sup>(7)</sup>。この価は油内の不飽和成分の含量に関係するもので、不飽和成分の多いものはコロナにより励起されて水素と結合し吸収することを示している。しかし、沃素価は測定の再現性に乏しいといわれている。

硫酸吸収量も油の不飽和成分量の1尺度となるが、これも再現性に乏しい点がある。Wörner<sup>(8)</sup> はこれに代るものとしてフルフロール数 (Furfurozahl) を提案した。これはフルフロールが主として芳香族成分を溶解するこ

とを利用したもので、絶縁油のように精製度の高いものの不飽和成分はおおむね芳香族と考えられるので、これがフルフロールにより溶解される量を測定するのである。すなわち室温に 10 cc の油と 10 cc のフルフロールを刻度試験管に入れて振盪し静置後溶解量(%)を測る。この測定は簡便で再現性も良い。Wörnerはこの値と耐コロナ性との関係を追求し、4.5% 以上は完全に吸収性、3% 以下は放出性、3~4.5% は最初放出性で後に吸収性に移る中間的性質を示すと結論している。

第6図と第1表の結果を比較すると、外油1については最初吸収性で後に放出性に移行することが見られ、外油2についても最初放出性で後に吸収性に移るのが見られる。内地油はいずれも吸収性である。内地油では沃素価もフルフロール数も大きく問題ないが、外油はいずれについても限界またはそれ以下であり、その挙動はかならずしも文献と一致しないが、耐コロナ性に問題があることが推知される。

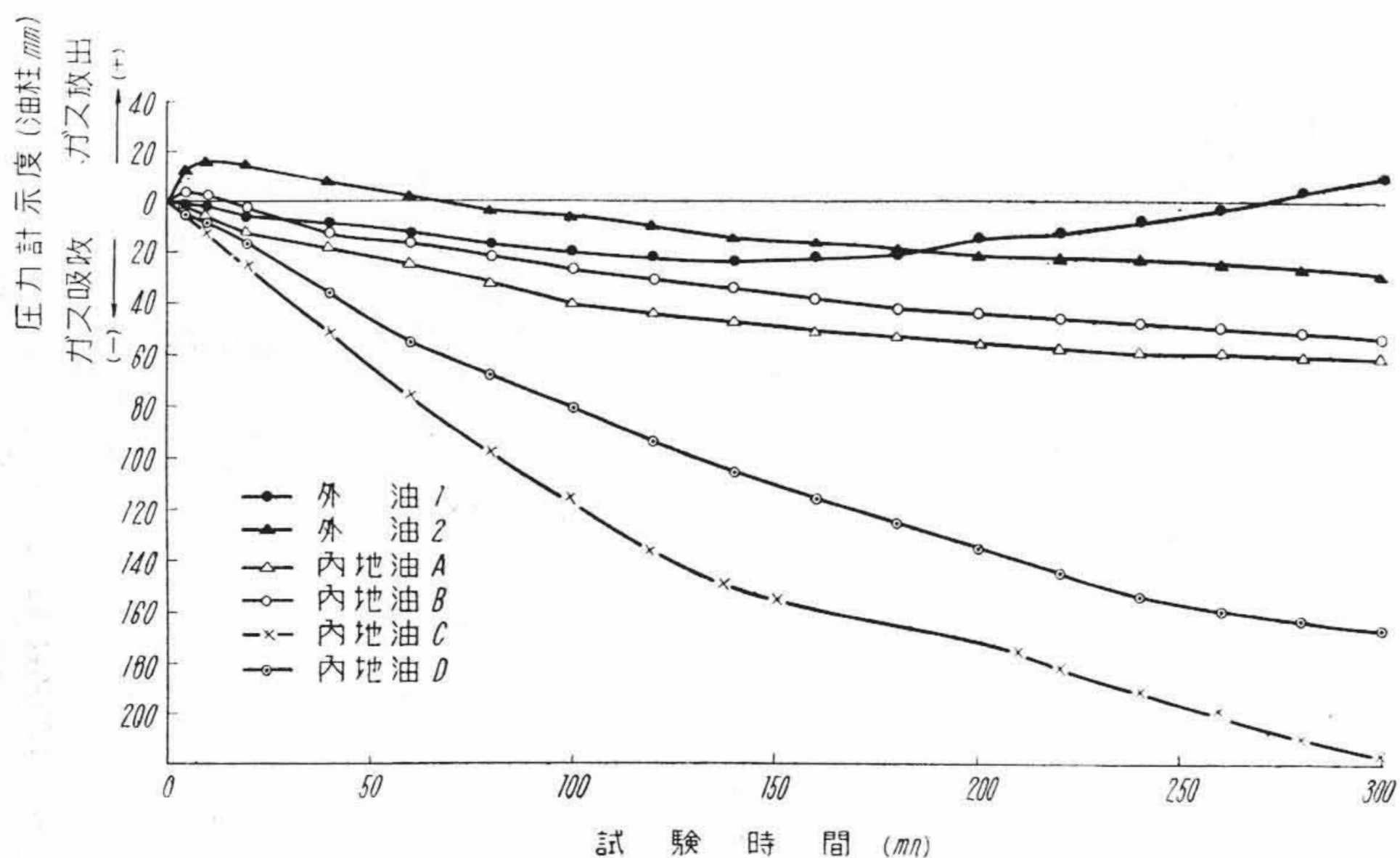


第5図 Siemens型耐コロナ性試験器  
Fig.5. Gassing Tendency Testing Apparatus (Siemens Type)

第1表 耐コロナ性試験油の特性値  
Table 1. Few Characteristic Properties of Sample Oils for the Gassing Tendency Test

試油	沃素価	フルフロール数 (%)
外油 1*	5.97	1
外油 2	6.80	3
内地油 A*	8.77	5
内地油 B	7.15	6
内地油 C*	9.48	11
内地油 D*	8.02	6

(注) \* 印は高絶油



第6図 Pirelli-Thornton 装置による絶縁油の耐コロナ性試験結果  
Fig.6. Test Results of Gassing Tendencies of Some Insulating Oils by the Pirelli-Thornton Apparatus

〔V〕 結 言

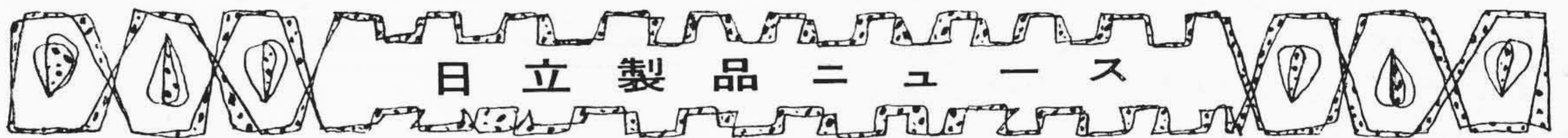
以上に OF ケーブル油としての最も重要な性能 3 種について概説した。これらの性質には互に関連するところがある。特に酸化安定度と耐コロナ性はともに芳香族含量 (Aromaticity) に関連する。耐コロナ性を十分にしていれば芳香族含量を大きくすれば酸化安定度は減少する。酸化安定度には最適芳香族含量 (Optimum Aromaticity) の問題があるが、これとにらみ合せて改良を図らなければならない。このとき上記の沃素価、フルフロール数などはかならずしも芳香族量を直接に表わしているものではないことにも注意が必要であつて、これらの数値は一応の目安として芳香族量を調節するように精製を行わなければならない。

電気的特性も、現在市販本邦油より若干精製過度の油の方が良好となる傾向がある。本邦油は変圧器油も蓄絶油、ケーブル油も未だ精製度不足のものが多いが、これの改良には、上記の点を考慮して事を進めなければならぬと考える。

この分野の油は使用者の秘密主義に災されて進歩が遅れている。しかし現状では検討を要する多くの問題を残しており、上述の重要な性質の測定法についても JIS には確然としたものがない。著者は別稿において順次これらに関する研究成果を公表して行く積りであるが、とりあえず以上 OF ケーブル油の重点問題のみを通観した。

参 考 文 献

- (1) The International Conference on Large Electric Systems (C.I.G.R.E.) 14th Convention. Vol. 1, 258 (1952)
- (2) 高橋：日立評論 36 673 (昭 29)
- (3) 永田：電気試験所絶縁材料研究会絶縁油部会報告
- (4) C. Zerbe: Mineral Öle. 948 (1952)
- (5) G. H. Beaven, J. A. Cockburn and C. N. Thompson: J.I.P. 35 735 (1949)
- (6) Theo Wörner: E.T.Z. 72 656 (1951)
- (7) F. Mhyer: J.I.E.E. 86 313 (1940)
- (8) Theo Wörner: E.T.Z. 74 513 (1953)



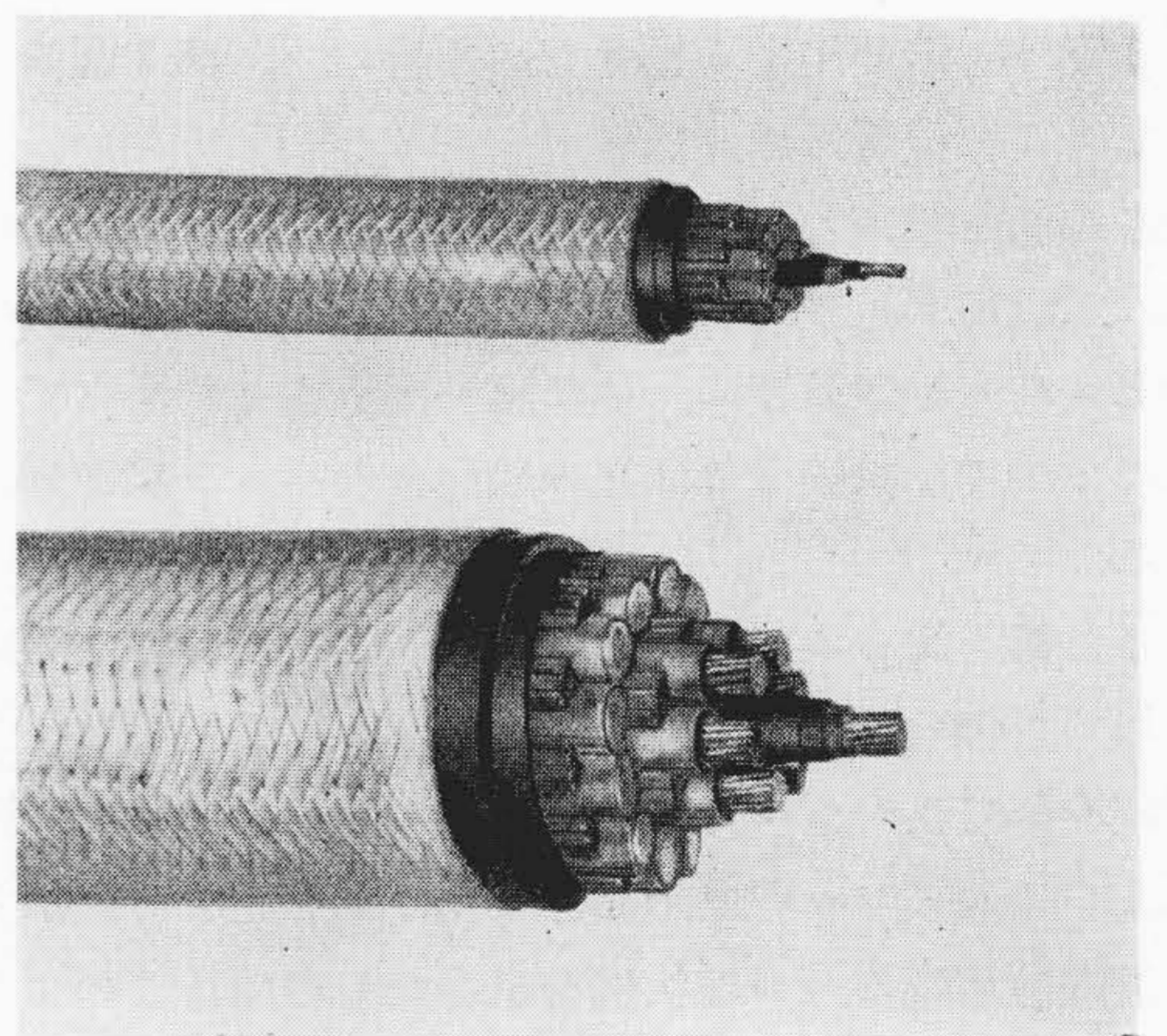
艦船用電線 シヤム海軍に納入

Navy Shipboard Cables

日立製作所においては各種規格の船舶用電線を製作しているが、今回シヤム海軍の艦船用として第 1 図に示す電線を納入した。これは米国海軍規格に準じ製作したもので、細い方は船内通信用電線、太い方は消磁用電線である。

船内通信用電線はいうまでもなく船内の通信線として使用されるものである。消磁用電線は船体の有する磁気が地磁気と影響して生ずる磁気歪を匡正し、布設機雷または浮游磁気機雷から船体を護るために使用する電線のことである。

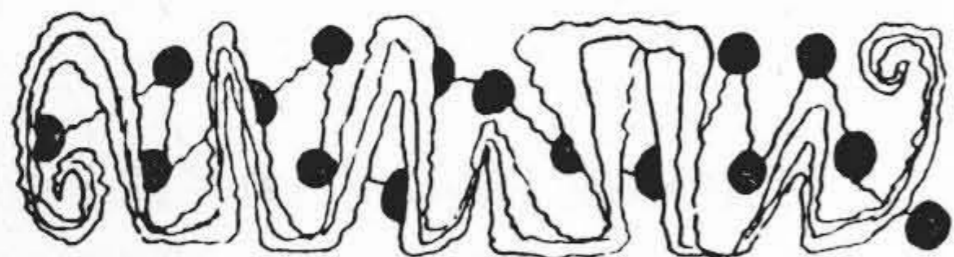
軍の艦船に使用する電線は一般船舶の場合よりも許容温度を高くし、許容電流を大きくとつて苛酷な使い方をするのが普通である。今回納入した電線も特に耐熱性に留意しアスベストを使用したほか重量の軽減化を図つてインパービアスシースを採用している。



第 1 図 艦 船 用 電 線

Fig.1. Navy Shipboard Cable

ことに消磁用電線は導体抵抗の均一であることが必要なので、導体はその材質ならびに線径の均一化に留意されている。



実用新案 第407795号  
実用新案 第407796号

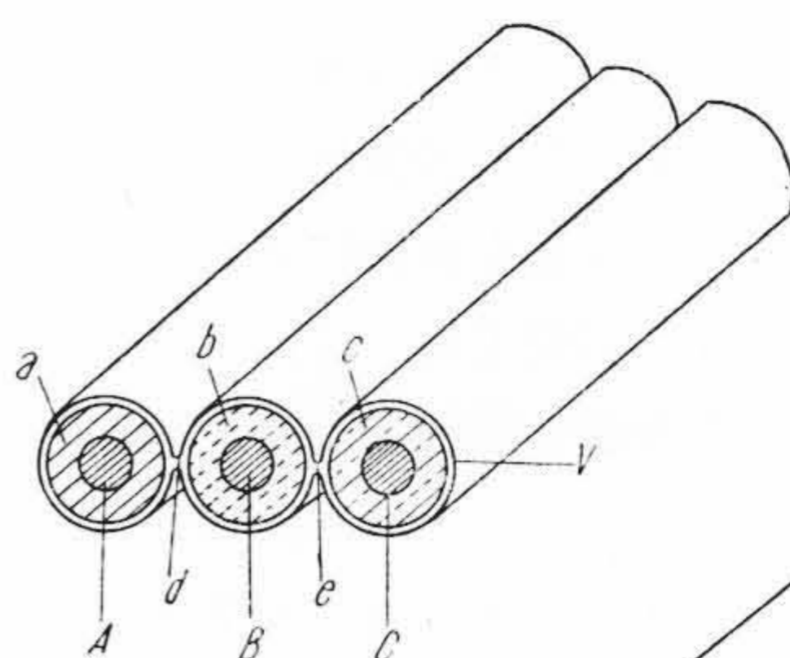
長山春一  
高橋長一郎

### 連鎖状色別け絶縁線

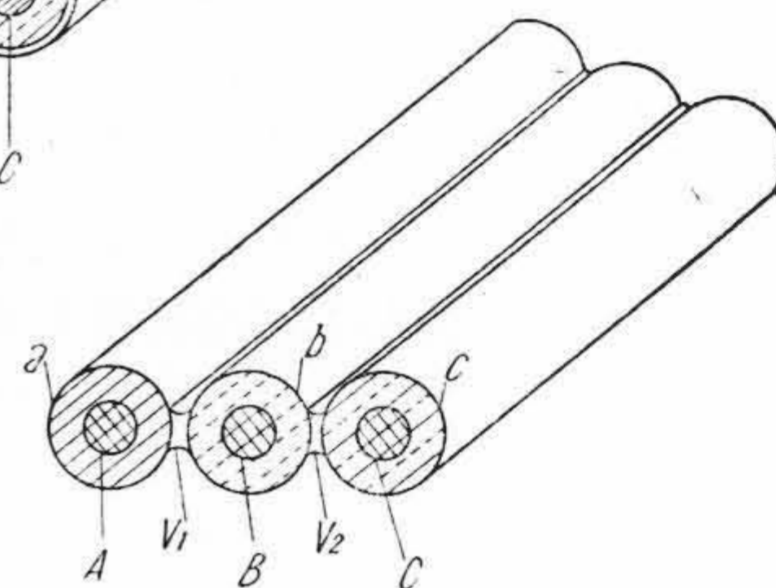
ビニル被覆絶縁線は押出式被覆機を用いてビニル被覆を行うから、2本以上の多心を丸型や平型、角型等任意の外形に一括絶縁被覆することはできるが、それは飽くまで一括被覆の色は一色で各線を色別にして一括することは現在のところ不可能とされている。すなわち第1図および第2図に示すごとく心線 A, B, C に赤, 青, 黄等のビニル被覆 a, b, c を施したものをベルト状に一体に仕上がるように作るとは現在の押出式被覆機では不可能である。しかし実状としては、そのような連鎖状色別け電線が出来るとすれば色々の点から非常に都合なことがあるからその出現は大いに期待されるのである。つまり数本の色別された絶縁線を配電盤又はキャビネット等に纏めて匍匐配設し、その途中適當の箇所から色によつて導出箇所を選び、任意に分曲してゆく必要は実際直面するところであつて、その場合に数種の色別電線が一体に纏まつてい乍ら、必要に応じては任意の色のものを随意に分裂、曲成することが簡単にできるとすれば配線施工上益するところ多大であることは実務者のひとしく認めるところだからである。

本案はこの要望を満足せしめるもので、第2図の場合にはビニル系接着剤の連結層  $V_1$  および  $V_2$  を用い、3本の各線心を接近して並べてロールを通しながら間に  $V_1$  および  $V_2$  を挟み、これを加熱加圧の下に a, b, c 等のビニル系絶縁被覆に一体に融合接着させたもので、これによつて絶縁線全体は窪み縞付きのベルト状に形成される。

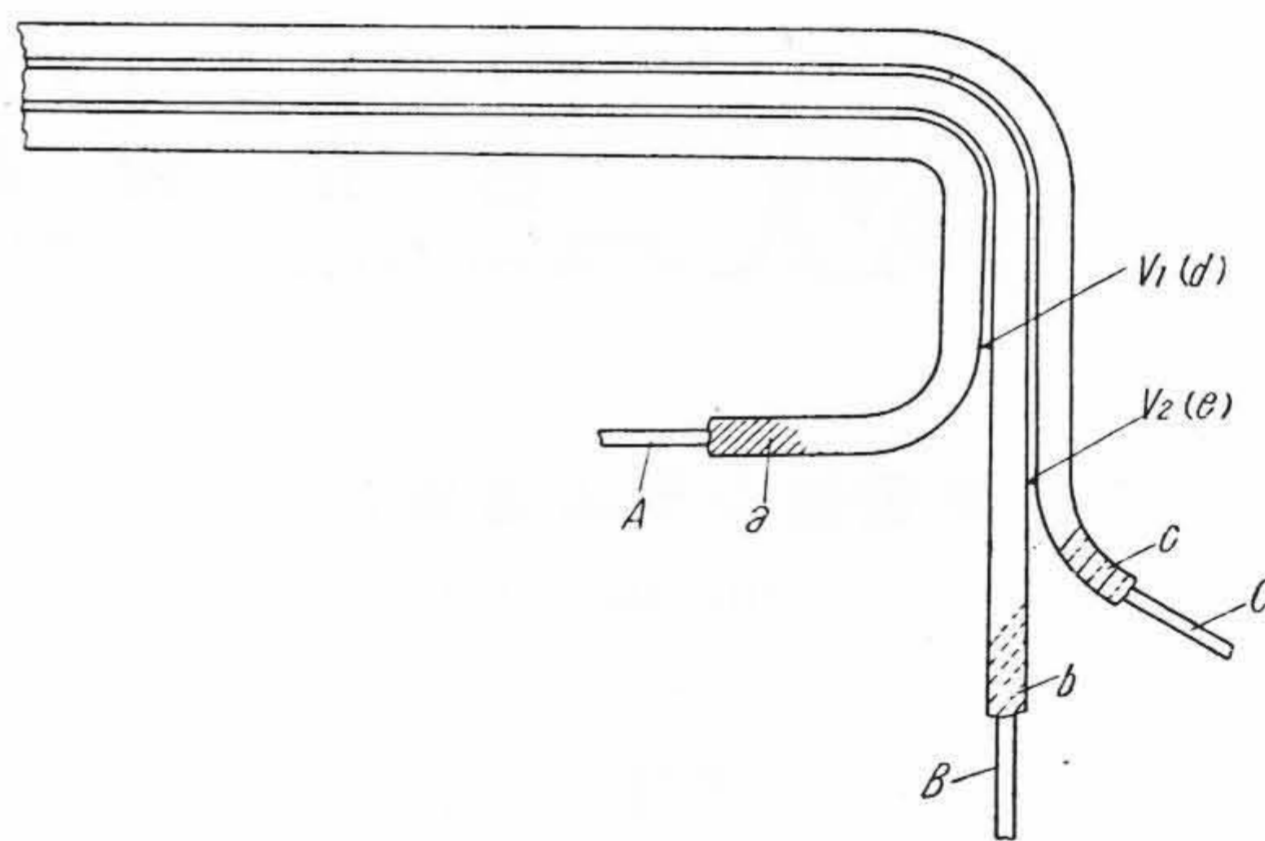
また第1図の場合には  $V$  なるビニル系接着剤の透明薄膜を以て各線心 a, b, c 等を接近した状態で包括して全体を窪み縞付きのベルト状に形成したもので、各線の窪みによつて適宜厚みの連鎖部分 d 及び e を生ずる。第3図は実際使用時の一つの状態を示したもので、このような連鎖状色別け絶縁線は配電盤、配電函その他の匍匐配線に当つて極めて取扱い易く、短い径間匍匐には中間押



第1図



第2図



第3図

え具が不必要で、かつ纏まりもよく、匍匐配設の任意位置から第3図のように分曲するのに第2図の構造では  $V_1$  および  $V_2$  層を指頭で引き裂くか、簡単な双物で必要なだけ切り割けばあとは自由に曲成されるしかつ曲げの根本は固く保たれる。第1図の構造では d および e 部分が容易に指頭で裂けるし、 $V$  は透明で3本の色別は可能であるから実用上同様の効果がある。 (宮崎)

