

[XVIII] 電 線

ELECTRIC WIRES AND CABLES

電力及び通信ケーブル Power and Communication Cables

昭和 25 年前半迄の我国電線工業界は、ドッチ政策の影響により有効需要の減少と、電気銅の価格差補給金の撤廃による銅地金の昂騰という試練に遭遇したが、日立製作所では劃期的な経営の合理化により、この難関を克服し、更に設備、技術に対する拡充を行い、企業の礎石を確立することが出来た。この事は朝鮮動乱を契機とする有効需要の増加に対する日立製作所の業績に如実に現れ生産並びに性能の面に於て格段の進歩を示すに到つた。即ち昭和 26 年度に於て日立製作所の生産能力は戦前のそれを凌駕し、一方製品の面では幾多の記録的製品を生産し、また品質に於ても遙かに優れたものを市場に送つたのである。

言うまでもなく製造工業に於いては、製品の内容に対比する技術的、設備的能力並びにこれが改善の進歩を目的とする研究部門の整備が裏付けられねばならぬ。

日立製作所は総ゆる点に於てこれ等の諸条件を兼ね備えているものである。即ち研究部門に於ては中央研究所及び日立研究所を能率的に利用することが出来、更に工場内にこれが実践と応用を主目的とした研究部門を整備している。設備の点については極めて充実した機械工場を有することにより所謂“電線を作るものによつて設計製作した電線製造設備の整備”を目的として効果的に運営している。また製品の品質改善新製品の開拓の面に於て広く需要者の協力と社内の電気機器製作工場との密接な連絡により成果をあげている。更に最近最も問題になっている品質管理、TWI による指導者養成の面についても、それぞれ積極的に取り上げ顕著な効果があがつている。

幸にしてこれ等の諸対策により技術的成果は漸次各方面に認められ、昭和 26 年には重信ケーブル、市外星ケーブル、特高圧 SL ケーブル、特高圧扇形 H ケーブル、防蝕ケーブル、高周波同軸ケーブル等記録的製品を各方面に納入し好評を博している。以下昨年度

に於ける電線電纜類の一端を紹介することにする。

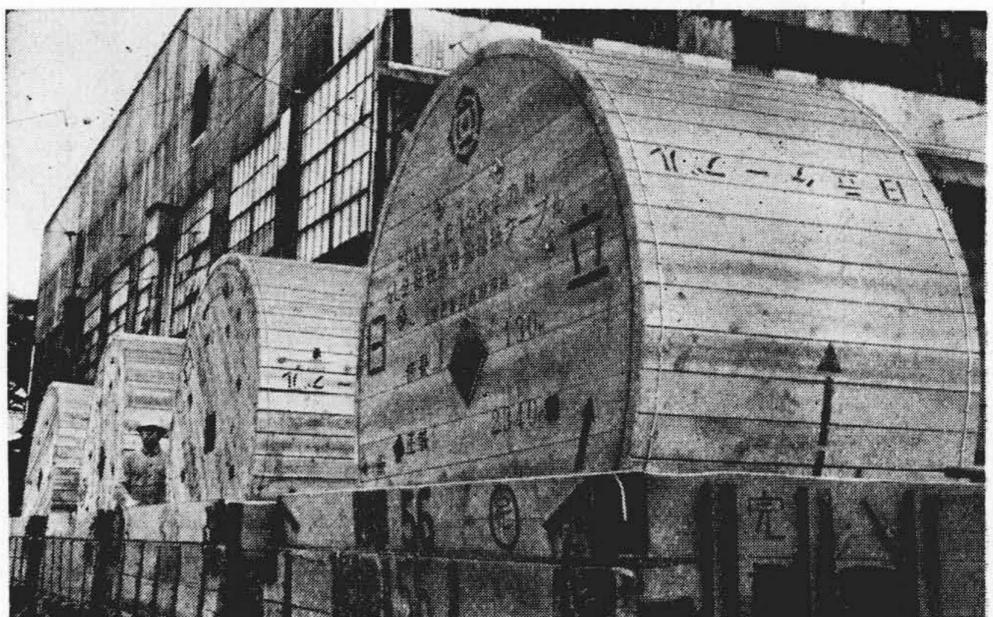
SL 型紙絶縁電力ケーブル SL Type Paper Insulated Power Cables

SL 型紙ケーブルは 1915 年頃、Henley's Telegraph Works Co. の P. Dunsheath によつて考案されたもので、多心紙絶縁電力ケーブルの各線心絶縁上に鉛被覆を行い静電遮蔽を施した構造のもので、所謂 Separately Lead Sheath Type を SL 型と通称しているのである。

一般に SL 型紙ケーブルの主な特長として挙げられている点は

1. 各線心絶縁上を鉛被で静電遮蔽をしていることにより電気力線は常に絶縁層と垂直の方向に起り絶縁効果を高める事が出来る。
2. 各線心上の鉛被が導体又は絶縁物内に発生する熱の良好な伝導体となる為に熱が放散し易く従つて許容電流を増大することが出来る。
3. ケーブルを傾斜地に布設した場合、主として燃合介在を通路として絶縁油が流下するものであるが、SL 型ケーブルに於いては各線心内及びケーブルヘッドの絶縁油が線心鉛被によつて介在絨斗と完全に隔離されているため油の流下は極めて少く傾斜地の布設に適している。

事等であるが、最近外国特に米国に於けるケーブル製造技術が導入されるに及び、SL 型ケーブルに対しても極めて高度の性能が要望されるようになって来た。



第 1 図 SL 型紙絶縁電力ケーブル
Fig. 1. SL Type Paper Insulated Power Cable

第 1 表 日本国有鉄道納 20 kV 3c×150 mm² SLTA ケーブルの性能
Table 1. Electrical Characteristics of 20 kV 3c×150 mm² SLTA Cable

試験項目	規格値		測定値
	JEC-43	電 63301 号 (米国規格に準ず)	
耐圧試験 長時間耐圧試験	44 kV 10 分間 50 kV 6 時間	44 kV 10 分間 70 kV 6 時間 80 kV 1 時間	異常なし 70 kV 6 時間 破壊せず 80 kV 1 時間 19 分で破壊せず 90 kV 1 時間 19 分で破壊
絶縁抵抗試験 静電容量試験	— 0.5 μF/km 以下 (20°C)	300 MΩ/km 以上 (20°C) 0.5 μF/km 以下 (20°C)	2,400~3,300 MΩ/km (20°C) 0.377 μF/km (20°C)

第 2 表 東京電力株式会社納 22 kV 3c×50 mm² SLL ケーブルの性能
Table 2. Electrical Characteristics of 22 kV 3c×50 mm² SLL Cable

試験項目	規格値		測定値
	JEC-43	東京電力仕様 (米国規格に準ず)	
耐圧試験 長時間耐圧試験	44 kV 10 分間 50 kV 6 時間	50 kV 10 分間 50 kV 6 時間	異常なし 50 kV 6 時間 破壊せず 60 kV 6 時間 破壊せず 70 kV 6 時間 破壊せず 80 kV 6 時間 破壊せず 90 kV 1 時間 18 分で破壊
絶縁抵抗試験 静電容量試験 瞬間破壊試験	— 0.3 μF/km 以下 (20°C) —	1,100 MΩ/km 以上 (20°C) 0.3 μF/km 以下 (20°C) —	4,640~6,190 MΩ/km (20°C) 0.204 μF/km (20°C) 屈曲試験後 50 kV 10 分間、課電 し、5 kV 30 秒の割合で昇圧し、 230 kV で破壊

日立製品はこれらの要望に充分適合するもので、日本国有鉄道及び東京電力株式会社に納入した SL 型ケーブルは以下述べるように極めて優れた性能のものである。

絶縁耐力特性

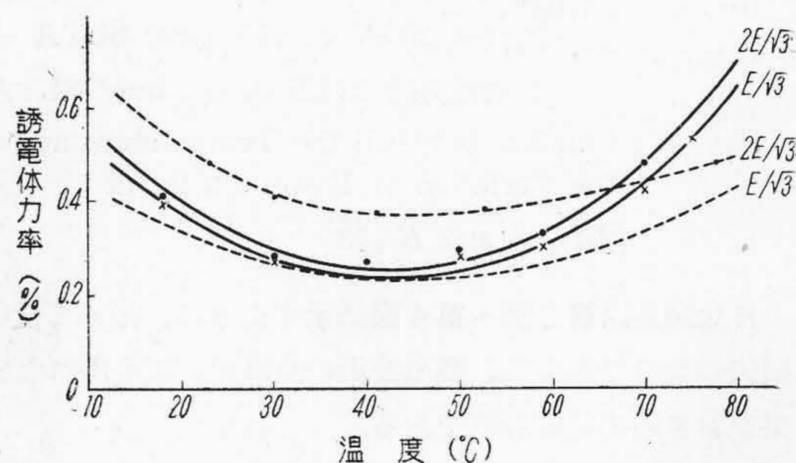
一般にケーブルの寿命は長時間絶縁耐力試験の良否によつて判断されるもので、米国の規格に於いては極めて高度の耐圧試験が要求されている。従来我国で制定されている SL 型ケーブル (JEC 43) と米国規格のそれを最大電位傾度によつて比較すると JEC43 の 7.6kV/mm に対し米国規格では 12.2kV/mm で約 1.6 倍の耐電圧強度を要求している。即ちこれを表に示すと第 1 表及び第 2 表のようになる。

最近我国に於ても日本国有鉄道、東京電力株式会社、関西電力株式会社及びその他の主要電力会社では、米国とほぼ同等の性能を要求しており、製造業者に於てはこれらの要求を満足させるため、資材の吟味並びに製造技術の研究改善等に努力を傾けている。

日立に於て日本国有鉄道、東京電力株式会社に納入し

たケーブルはこの要望に応じて製作したもので、その性能は第 1 表及び第 2 表に示すように規格値に対して極めて優秀である。

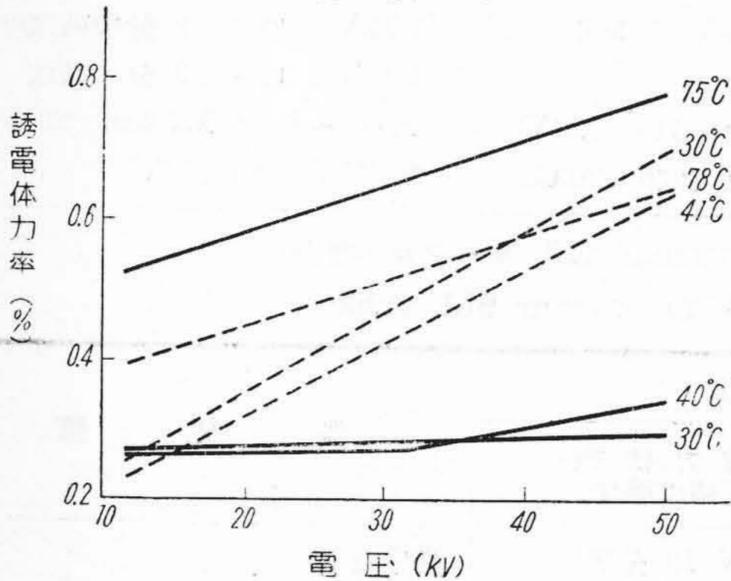
誘電体力率特性



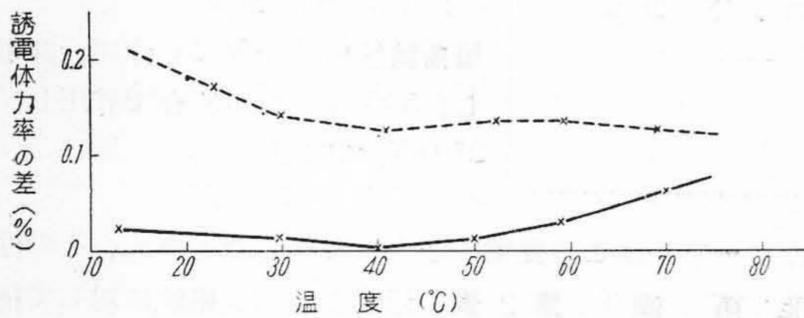
第 2 図 誘電体力率温度特性
——国鉄納 20 kV 3c×150 mm² SLTA
-----東京電力納 22 kV 3c×50 mm² SLL

Fig. 2. Relation between the Temperature and the Power Factor

誘電体力率特性は絶縁体の良否を簡単に判定する資料とされ、最近特にその測定温度範囲を広く、且つ力率の規格値を小さくすることが望まれている。即ちこれは絶縁材料の優れたものを要求していることを意味するのであるが、資材の点に大きな制約を受けている我国の現状に於ては、製造技術の改善によつてこの点を補うように研究することが目下の急務と考える。



第 3 図 誘電体力率電圧特性
 ——国鉄納 20 kV 3c×150 mm² SLTA
 - - - - 東京電力納 22 kV 3c×50 mm² SLL
 Fig. 3. Relation between Voltage and Power Factor



第 4 図 $2E/\sqrt{3}$ と $E/\sqrt{3}$ に於ける誘電体力率と温度との関係
 ——国鉄納 20 kV 3c×150 mm² SLTA
 - - - - 東京電力納 22 kV 3c×50 mm² SLTA
 Fig. 4. Relation between the Temperature and the Variation of Power Factor at $2E/\sqrt{3}$ and $E/\sqrt{3}$.

日立製品は第 2 図～第 4 図に示すように、極めて低い損失のものであつて、製造技術の点に於いても優れた成果をおさめているものである。

なお SL 型ケーブルの線心鉛被に防蝕層を施した所謂防蝕層付 SL ケーブルも製作したが、これは稿を改めて防蝕ケーブルの項に述べることにする。

防蝕ケーブル

Preserve Corrosion Cables

最近電力ケーブル製造技術の発達に伴ない、防蝕ケーブルへの関心は急激に高まつてきた。

一般に鉛被の破壊は腐蝕、機械的損傷、振動による疲労が原因であり、疲労による破壊は日々の負荷に大きな変動を受けるもの又は鉄橋等への並行架設により連続的な振動を受けるケーブルに多いものである。

鉛被腐蝕の原因としては、電気腐蝕、化学腐蝕等が挙げられ、電気腐蝕は主に架空単線式電気鉄道の軌条から漏洩電流により、地下埋設ケーブルが電蝕を受けるもので、最近に於ける電鉄の発達と地下埋設ケーブルの急激な増加は一層電蝕による被害を大きくしている。

更に化学腐蝕は布設地の土壌及び水分中の酸、アルカリによるものが多い。最近の調査により電力ケーブルの事故の中、電気腐蝕及び化学腐蝕によるものがケーブル事故の約 50% 以上も占める事が明かにされて鉛被腐蝕防止対策の問題が大きくとり上げられるようになった。

防蝕ケーブルは布設方式によつて、一重鉛被防蝕ケーブル、二重鉛被防蝕ケーブル、鋼帯鎧装防蝕ケーブル等が使われている。

一重鉛被防蝕ケーブル布設の際に外傷を受け易いため、機械的に強いゴム系、ネオプレン系、塩化ビニル系の防蝕層を使用し、二重鉛被、鋼帯鎧装防蝕ケーブルは鉛被又は鋼帯自身が遮蔽効果を有すると共に、機械的強度が大であるから、防蝕層は主として絶縁特性の良否によつて選び、アスファルト系、ガラス系、繊維質系、特殊合成塗料系等の材料が使用されている。

特に二重鉛被防蝕ケーブルは、遮蔽効果に優れ且つ防蝕層の性能が安定しているため腐蝕被害の甚しい所の使用に適している。

一般にこれら防蝕ケーブルの具備しなければならない点を挙げると

- | | |
|-------------|--------|
| 1. 絶縁性 | 5. 強靱性 |
| 2. 耐酸耐アルカリ性 | 6. 密着性 |
| 3. 防水性 | 7. 柔軟性 |
| 4. 耐久性 | 8. 滑性 |

等であつて、特に長年月に亘り耐久力を持つことが必要である。

以上述べた点を考慮して今回日立製作所が東京電力、関西電力及び京都市電に納入したケーブルにはそれぞれ次のような防蝕層を採用した。

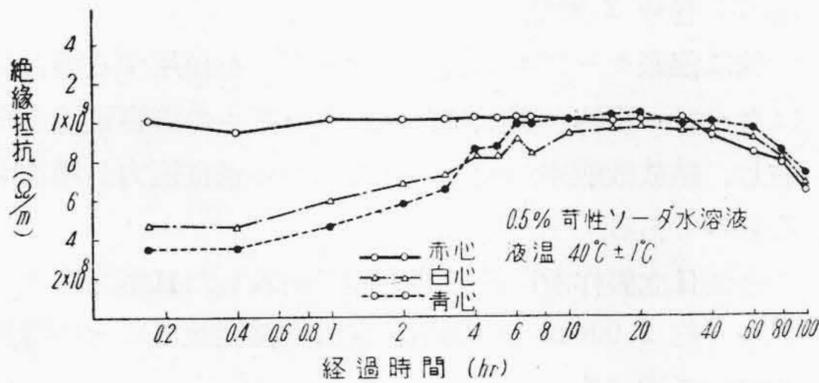
- 東京電力株式会社納ケーブル
防蝕混和物+紙テープ、綿テープ
- 関西電力株式会社納ケーブル
防蝕混和物+ガラステープ
- 京都市交通局納ケーブル
特殊防蝕ゴム層

第 3 表 防 蝕 ケ ー ブ ル の 規 格
Table 3. Specifications of Preserve Corrosion Cables

試 験 項 目	JEC-121 A	JEC-121 B	JEC-121 C	試 験 法
	一重鉛被	鋼帯鎧装	二重鉛被	
絶 縁 抵 抗	0.1 MΩ/km* 以 上	0.1 MΩ/km** 以 上	0.1 MΩ/km** 以 上	* 全棒を水中に 2 時間浸漬後の値 ** 常温空気中の値
絶 縁 耐 力	A. C. 1,000 V* 1 分間	A. C. 1,000 V** 1 分間	A. C. 1,000 V** 1 分間	* 全棒を水中に 2 時間浸漬後の値 ** 空気中の値
屈曲浸液試験	0.1 MΩ/m 以 上	10,000 Ω/m 以 上	10,000 Ω/m 以 上	5°C~10°C に 1 時間保ち約 12 倍の屈曲 を 2 回行った後、40°C の 0.5% の食塩 水中に 2 時間浸漬後の値
摩 擦 試 験	裂傷、剥脱せず 0.1 MΩ/m 以上	0.6~0.8 の摩擦係数のコンクリート平板上に自重の 24 倍(1 本当り 12 倍 の)加重を加え 1 分間 20m の速度で 8m 移動する。これを水中に 2 時間 浸漬後の値		

第 4 表 東京電力株式会社納 22 kV 3c×50 mm² 防蝕層付 SLL ケーブルの構造
Table 4. Constructions of 22 kV 3c×50 mm² Preserve Corrosion SLL Cable

導 体		絶 縁 体		鉛 被		紙テープ		綿テープ		撻合 外径	綿テープ		鉛 被	
本数/素線径	外径	厚	外径	厚	外径	厚	外径	厚	外径		厚	外径	厚	外径
19/1.8	9.0	6.0	21.0	1.5	24.0	0.4	24.8	0.3	25.4	54.9	0.9	56.7	2.1	60.9



第 5 図 防 蝕 層 屈 曲 浸 液 絶 縁 抵 抗
Fig. 5. Characteristics of Insulation Resistance
against 0.5% Caustic Soda

防蝕ケーブルの性能は第 3 表に示すようにケーブル構造によつて差異がある。しかし防蝕効果の程度を判定する絶縁抵抗は電蝕防止の点から、許容電流密度より算出した 10,000 Ω/m の値を長期に亘つて保持しなければならない。又一般に短期の浸液試験に於ける絶縁抵抗の低下率を以つて、長期に亘る絶縁抵抗の性能の変化の判定資料としているが、複雑な周囲の条件によつて影響され

るところが多く、その判走は極めて困難であると考えられる。しかし使用側に於ける貴重な資料と製造業者の綿密な研究資料に基き、これらの判定は漸次正鵠を得るようになって来ているという事が出来る。

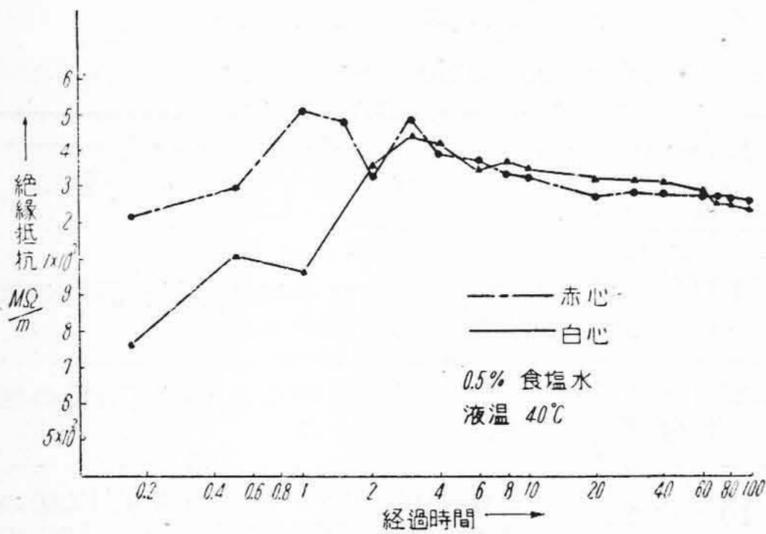
今回東京電力株式会社に納めた 22 kV 3c×50mm² 簡易防蝕層付 SLL ケーブルの防蝕層特性は第 5 図に示すように十分な防蝕効果をもつものである。

このケーブルは東京電力株式会社の指定により “5°C~10°C の水中に 2 時間浸漬後ケーブル外径の約 12 倍の屈曲試験を行った試料を、40°C の 0.5% 苛性ソーダ溶液中に 2 時間浸漬した後、鉛被浸液間の絶縁抵抗は 40°C で 1 m につき 5,000 Ω 以上とする” との規格に適合するよう製作したものであるが、第 5 図により明かなように屈曲浸液 2 時間後に於ける絶縁抵抗の値は 40°C で 1 m につき 5.8×10⁸ Ω となつている。

日立製品の絶縁抵抗はその絶対値に於いて優れた値を示していると共に、絶縁抵抗は一般に浸液時間と共に低下するものであるが、日立製品はその低下率が少く優れ

第 5 表 関西電力株式会社納 22 kV 3c×125 mm² 防蝕層付 SLL ケーブル構造表
Table 5. Constructions of 22 kV 3c×125 mm² Preserve Corrosion SLL Cable

導 体		絶 縁 体		鉛 被		紙テープ		ガラステープ		撻合 外径	綿テープ		鉛 被	
本数/素線径	外径	厚	外径	厚	外径	厚	外径	厚	外径		厚	外径	厚	外径
19/2.9	14.5	5.5	25.5	1.5	28.5	0.2	28.9	1.0	30.9	66.7	0.6	67.9	2.4	72.7



第 6 図 防蝕層屈曲浸液絶縁抵抗
Fig. 6. Characteristics of Insulation Resistance against 0.5% Caustic Soda

た性能を示している。

更に関西電力株式会社より受注した22kV 3c×125mm²防蝕付 SLL ケーブルの構造及び性能を第 5 表及び第 6 図に示す。

このケーブルの防蝕層構造は第 3 表に示すように JEC-121 C 二重鉛被防蝕ケーブル規格によつて製作したものであり製品の電気特性は第 6 図に示すように優れている。

最後に京都市交通局に納入した特殊ゴム防蝕層付ケーブルの特性を第 6 表に簡単に示す。

第 6 表 ゴム防蝕層の性能
Table 6. Characteristics of Rubber Preserve Corrosion Layer

試験項目	規格値	測定値
絶縁耐力	A. C. 1,000 V/min	異常なし
絶縁抵抗	0.1 MΩ/km ² at 20°C	39.4 MΩ/km at 20°C
屈曲浸液	40°C 0.5% 硫酸溶液 0.1 MΩ/m 以上	6,200 MΩ/m
	0.5% 苛性ソーダ溶液 0.1 MΩ/m 以上	1,210 MΩ/m
摩擦試験	摩擦係数 0.7 移動速度 20 m/min 距離 10 m	異常なし
温度試験	60°C 1 時間 -10°C 1 時間	異常なし

H 型 海 底 ケーブル H Type Submarine Cables

H 型ケーブルは導体上及び各導体絶縁物の外層に銅テープ又は金属化成紙を施して静電的ストレスを遮蔽し絶縁耐力の増加をねらつたもので最近輸出品として需要が増してきたものである。



第 7 図 20 kV 3c×50 mm² 蝕層付 SLL ケーブル

Fig. 7. 20 kV 3c×50 mm² Preserve Corrosion SLL Cable

このケーブルはベルトケーブルと同様に成形導体を使用することが出来、且つベルト絶縁層の代りに銅線入金巾を使用する所から占積率に優れ、電流容量が大きい。また電気的には SL ケーブルとほぼ等しいもので極めて優れた特長をもっている。(「日立」電線特集号昭 26, 7 第 13 巻号 2 参照)

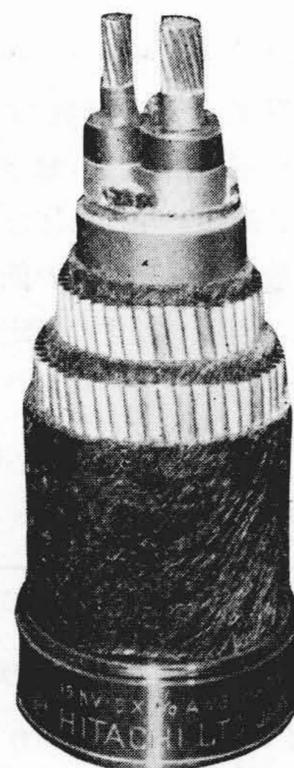
殊に海底ケーブルにこの種ケーブルを使用する場合にはケーブル自体の熱抵抗だけがケーブルの許容電流を左右し、熱放散能率が大いところから送電能力が増加するものである。

今回日立製作所に於て某方面に納入した H 型海底ケーブル (約 2,000 m) の構造、電気的特性並びにその特長について述べる。

構 造

この度納入したケーブルは我国に於いては珍しい扇形導体の H 型海底ケーブルで、その構造寸法は第 9 図に示すようなものである。

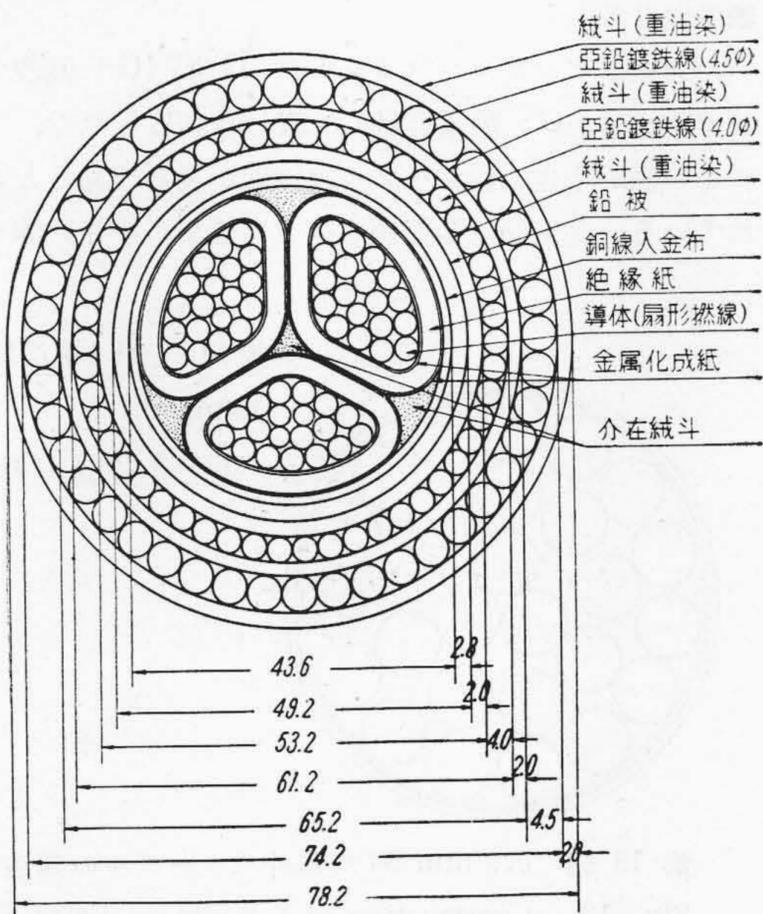
構造並びに製作上特に注意した点を挙げると、三心撚合せの際の絶縁紙の皺を防止するために撚線のプリシェーブを行つた事及び線心絶縁上の静電遮蔽層の材質纏巻方法及び鎧装法等である。即ち一般に静電遮蔽層としては金属テ-



第 8 図 H 型海底ケーブル
Fig. 8. H Type Submarine Cable

ブ又は金属化成紙が採用されているが、成型導体の場合金属テープでは導体及び絶縁物と金属テープとの間に空隙を生じ易いので金属化成紙を採用することとし、その材質接着剤については十分に検討した結果乾燥含浸処理にも十分耐え絶縁上支障のないものを製作して目的を達することが出来た。

鎧装は布設地に於ける潮流による張力、機械的外傷、ケーブルを安定させるための好適な重量及び布設の際人為的損傷等を十分検討し下側層 4.0 mm 上側層を 4.5 mm の二重鉄線鎧装法を採用し、その撚方向は何れも同方向右撚りとし、ピッチはケーブル外径の約 10 倍とした。なお鉄線下、鉄線間、鉄線上には重油染絨斗を緊密に巻き鉄線の安定を良くした。



第 9 図 15 kV 3c×AWG# 2/0 H 型海底ケーブルの構造

Fig. 9. Constructions of 15 kV 3c×AWG# 2/0 H Type Submarine Cable

電 氣 的 性 能

ケーブルの電氣的試験は米国の AEIC 規格によつて行われその性能は第 7 表に示す通りで総て要求値を充分満足するものである。

次に誘電体力率を図示すると第 10 図の通りで、温度の変化による力率の変化が極めて少く絶縁性能の優秀さを示している。

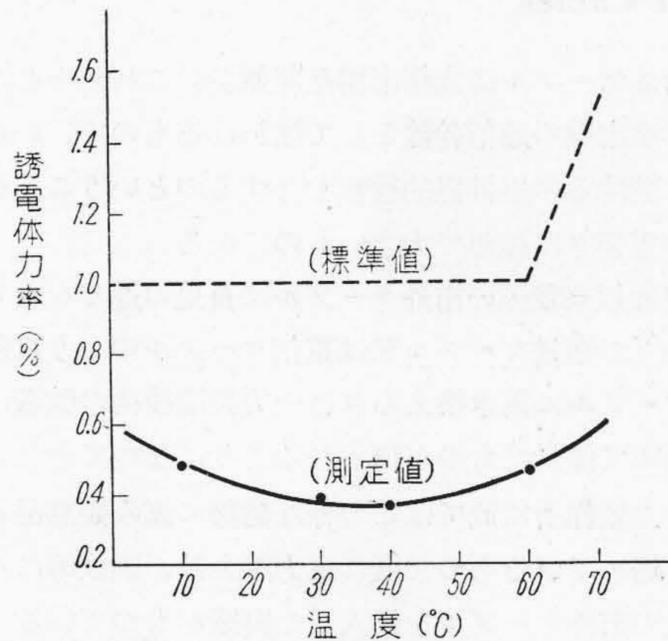
安 全 電 流

海底ケーブルの安全電流を制限するものは絶縁体及び鎧装の熱抵抗及び誘電体損失で地中埋設又はダクト引込みケーブルのように大地の熱抵抗及びダクト内の熱抵抗等がない所から第 11 図に示すように安全電流が増加す

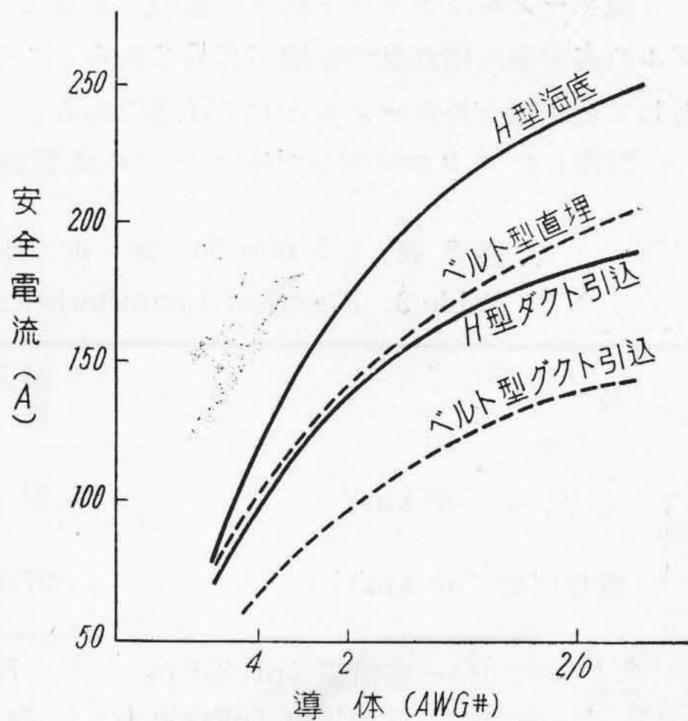
第 7 表 H 型海底ケーブルの電氣的性能

Table 7. Electrical Characteristics of H Type Submarine Cable

試験項目	標準値	試験結果
耐圧試験	47 kV 15 分	異常なし
導体抵抗	0.0811Ω/1,000 ft (25°C) 以下	0.0802Ω/1,000 ft (25°C)
絶縁抵抗	—	680MΩ/km (20°C)
静電容量	—	0.30~0.34 μF/km
誘電体力率	60°C 1.0% 以下	第 10 図に示す
長時間耐圧試験	47 kV 6 時間	異常なし



第 10 図 誘電体力率温度特性 (測定電圧 15 kV)
Fig. 10. Relation between Temperature and Power Factor



第 11 図 安全電流比較図
Fig. 11. Permissible Current Carrying Capacity

る。なおこれをベルト型直埋ケーブルと比較すると第 11 図に示すように約 22% の増加となる。

即ち 100 mm² のベルト型ケーブルに対し H 型海底ケーブルは AWG 2.0 (約 67 mm²) ですみ、これを資材面から見るとベルト型ケーブルの約 80% で足りることになる。

又 H 型ケーブルは電氣的に遮蔽を施してあるため、同一ケーブル内に保安用電話線を挿入することも出来るので海底ケーブルのように布設費用の莫大なものには頗る便利である。殊に世界的不足物資である鉛が益々重要視されている現今、この種ケーブルの持つ使命は誠に大きいと言えることが出来る。

**市外ケーブル
Toll Cables**

市外ケーブルは大都市相互間並びにこれを中心とする中小都市間の通信幹線として使われるもので、いわば人体に於ける中枢神経的役割をなすものということが出来る。その重要さは極めて大きいものである。

終戦以来我国の市外ケーブルは長足の進歩をなし、その殆どが搬送ケーブル又は重信ケーブルのような多重通信ケーブルに置き換えられ、一方製造技術の改善によつて極めて優れたものが得られるようになってきた。

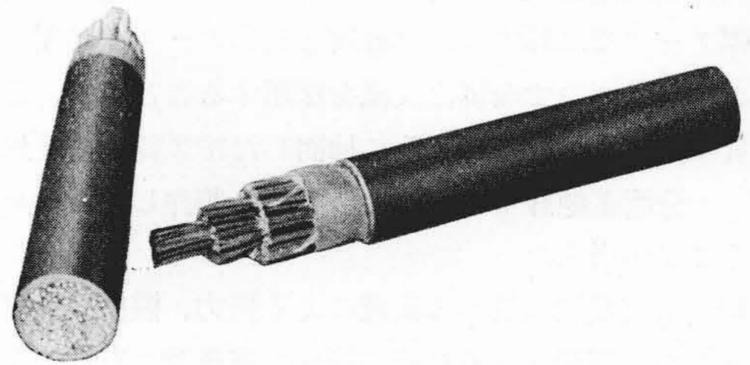
日立製作所に於てはこの様な情勢に鑑み鋭意品質の改善に努めているもので既に電力諸会社、国鉄等に対して多量の市外ケーブルを納入した実績をもっている。

ここにはその中の代表的な二、三の製品について簡単に紹介する。

0.9 mm 54 対市外星ケーブル

市外星ケーブルはクワッド構成が星型であるため、ケーブルの占有率に優れ且つ接続が容易であるところから主として近距離市外ケーブルとして好適である。

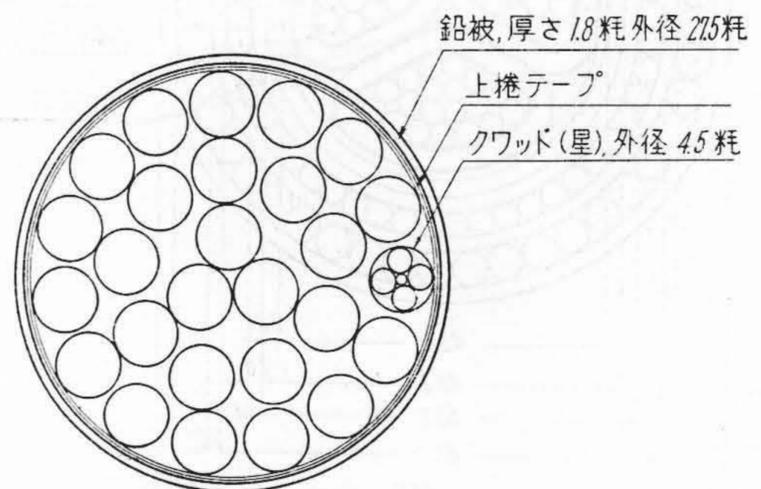
今回製作した 0.9 mm 54 対市外ケーブルは電通省規



第 12 図 0.9 mm 54 対市外星ケーブル
Fig. 12. 0.9 mm x 54 Pairs Star Quaded Toll Cable

格によつたもので、その構造、性能は第 13 図及び第 8 表の通りである。

なおダンピングコンスタントは $G/2C$ (G : 漏洩コンダクタンス、 C : 静電容量) で表わされるもので、一般にこの値が小さい程ケーブルは性能が良好であると言われている。測定値は規格値に対して遙かに小さい値を示



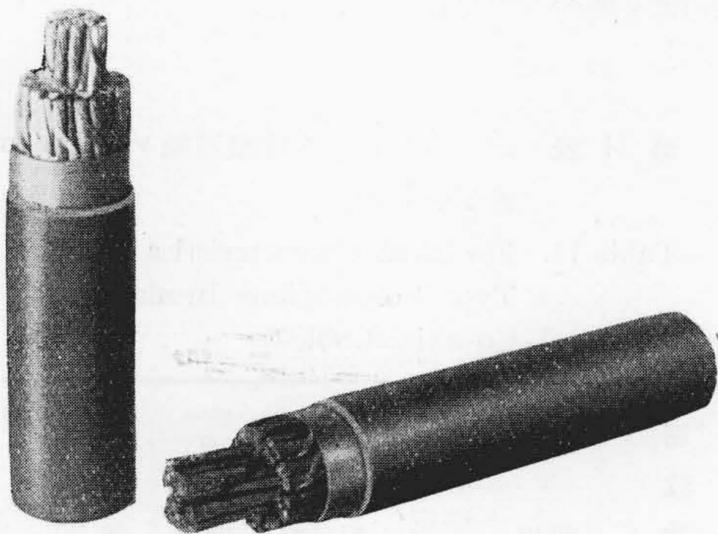
第 13 図 0.9 mm 54 対市外星ケーブルの構造
Fig. 13. Construction of 0.9 mm 54 Pairs Star Quaded Toll Cable.

第 8 表 0.9 mm 54 対市外星ケーブルの電氣的性能
Table 8. Electrical Characteristics of 0.9 mm 54 Pairs Star Quaded Toll Cable

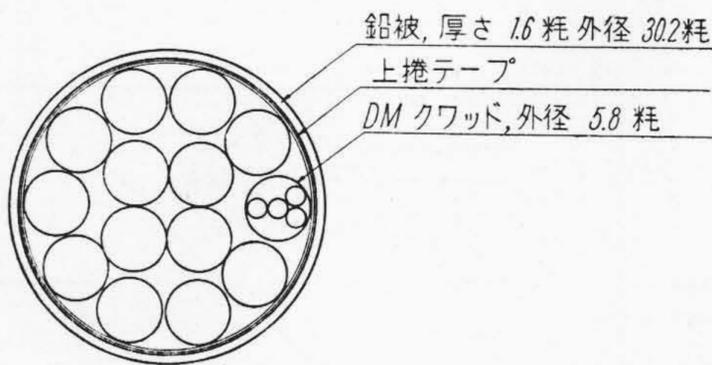
項	目	最大値	最小値	平均値	偏差 (%)	規格 (電通省仕 369 号)
静電容量	実回線 (nF/km)	38.8	36.4	38.0	+2.8 -4.3	平均値 35.6~41.6 nF/km 偏差 ±8%
	重信回線 (nF/km)	97.5	92.8	96.1	+1.6 -3.4	平均値 92.9~116.5 nF/km 偏差 ±8%
静電結合	クド内					
	ツ	実回線—実回線 (pF/250 m)	73	2	35.7	最大値 250pF/250m 平均値 80pF/250 m
	隣接	実回線—重信回線 (pF/250 m)	343	0	86.0	最大値 500pF/250m 平均値 120pF/250m
	隣接	実回線—実回線 (pF/250 m)	22	0	7.2	最大値 80pF/250 m 平均値 pF/250 m
絶縁抵抗 (kMΩ km)		64	64	64		10 kMΩ km 以上
ダンピングコンスタント				10.3		18 以下

第 9 表 1.3 mm 28 対重信ケーブルの電気的性能
Tabel 8 Electrical Characteristics of 1.3 mm 28 Pairs DM Quaded Toll Cable

項	目	最大値	最小値	平均値	偏差 (%)	規格 (電仕 13303 号)
静電容量	実回線—実回線 (nF/km)	38.45	37.3	37.9	±1.6	平均値 35.6—41.6 nF/km 偏差 ±8%
	実回線—重信回線 (nF/km)	62.8	59.5	61.0	±3.0 ±2.5	平均値 58.8~69.2 nF/km 偏差 ±8%
静電結合	クド ワ内 ツ	実回線—実回線 pF/150 m	40	1	17.4	最大値 100 平均値 20 以下
		実回線—重信回線 pF/150 m	58	1	20.9	最大値 200 平均値 30 以下
	隣接	重信回線—重信回線 pF/150 m	73	0	23.8	最大値 200 平均値 30 以下
絶縁抵抗 (kMΩ/km)		81	81	81		10 以上
ダンピングコンスタント				9.6		18 以下



第 14 図 1.3 mm 28 対重信ケーブル
Fig. 14. 1.3 mm 28 Pairs DM Quaded Toll Cable



第 15 図 1.3 mm 28 対重信ケーブルの構造
Fig. 15. Construction of 1.3 mm 28 Pairs DM Quaded Toll Cable

しておりケーブルが十分に乾燥されていることが判る。

1.3 mm 28 対重信ケーブル

重信ケーブルはクワッド構成が DM 型であるため次のような特長をもち、市外ケーブルとして世界各国に於て採用されているものであり、我国に於ても長距離市外ケーブルは主としてこのケーブルが使われている。

DM 型は星型に較べて次のような優れた点がある。

1. 同一クワッド内の実回線相互間及び実回線重信回線間の不平衡容電量が小さい。
2. 重信回線の相互容電量が小さい。

日立製の 1.3 mm 28 対重信ケーブルの構造及び性能は第 15 図及び第 9 表に示すようなもので日本国有鉄道の規格に充分適合している。

高周波ケーブル
High Frequency Cables

従来我国では釣糸型、ステアタイト間歇絶縁型、スポンジゴム充実型、及びポリスチロール釣鐘型等の高周波ケーブルが使われており、それぞれ特徴のあるものであるがケーブルとして重要な機械的強度、電気的特性の不均一、量産に対する適応性にやや不十分なところがあつた。この欠点を解決するため高周波特性の優れた合成樹脂の入手を久しく望んでいたところ、米国よりポリエチレンの輸入がようやく実現し我国の高周波ケーブル製造界は大きく変つてきた。

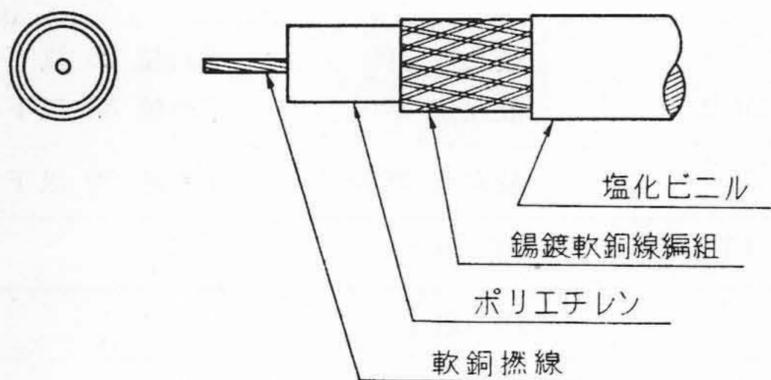
高周波ケーブルは超多重電話、テレビジョン等の広帯域伝送線路、無線通信のアンテナ饋電線、無線機器間の配線、高速度ブラウン管用測定線等に広く使用されているが、最近に於ける超短波利用機器の発達に伴いその使用周波数は数百メガサイクル迄に及び品質的にも高度の性能のものが要求されるようになってきている。即ちその主な条件を挙げると次のようになる。

1. 特性インピーダンスが適当な値で均一であること
2. 減衰量が少いこと
3. 絶縁耐力の大きいこと
4. 機械的に頑丈であること
5. 可撓性が大きく軽量であること
6. 湿気、日光、薬品に耐えること

ポリエチレンはこれらの条件を殆ど満足しており米国

に於けるレーダー、FM 無線、テレビジョンの発展に顕著なものがあった一つはポリエチレンの発達によるともいえる。

今回日立に於いては某所より FM 無線超短波固定局用として 29MC~43MC 帯に用いる塩化ビニル外装ポリエチレン充実型 75 Ω ケーブルの大量注文を受け全量好



第 16 図 ポリエチレン充実型同軸ケーブルの構造
Fig. 16. Construction of Solid Type Polyethylene Insulated Co-axial Cable

第 10 表 ポリエチレン充実型同軸ケーブルの機械的性能

Table 10. Mechanical Characteristics of Solid Type Polyethylene Insulated Co-axial Cable

試験項目	規格内容	試験結果
屈曲試験	曲率半径 20 cm 往復 10 回屈曲しても何等の破損その他異状を認めぬこと	温度 -16°C に於いて破損並びに異状を認めない
加圧試験	ケーブルを平板上におき軸と垂直の方向に単位長 (cm) 当り 10kg の圧力を加えても損傷のないこと	10kg/cm 加圧で損傷を認めない。20kg/cm 加圧で損傷を認めない。30kg/cm 加圧で損傷を認めない。
振り試験	ケーブル 3m の長さを士半回転 10 往復させても損傷しないこと	往復回数 10 回で損傷しない。 往復回数 20 回で損傷しない。
張力試験	ケーブル 20m の自重 (約 5kg) に相当する力で引張つても損傷なく又長さの伸は 1% 以下であること。	5kg 加重…伸 0% 損傷しない 10kg 加重…伸 0.3% 損傷しない 20kg 加重…伸 0.7% 損傷しない 25kg 加重…伸 1.0% 損傷しない

成績で納入したが、このケーブルの構造、機能的性質、電気的特性は第 16 図及び第 10, 11 表の通りである。

従来 FM 無線に使用されてきたポリスチロール釣鐘型スポンジゴム充実型とポリエチレン充実型との減衰量の比較を示すと第 17 図の通りである。

ポリエチレン充実型はポリスチロール釣鐘型のような空気間隙型のものと同程度の減衰量をもっており機械的には後者に比して非常に頑丈で更に連続製造出来る利点がある。

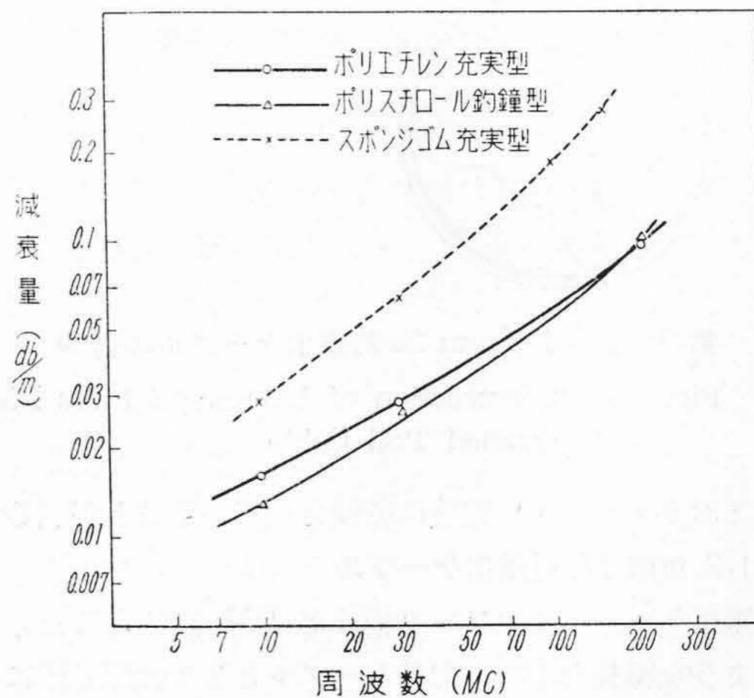
以上代表的な型として某所に納入した同軸ケーブルの例を示したがこれ以外にも各種高周波利用機器に適したサイズ、構造の充実型ケーブルを製作納入している。

更に空隙型高周波ケーブルの支持絶縁物としてもポリエチレンは非常に優れているので、この種ケーブルの式作研究も進めている。

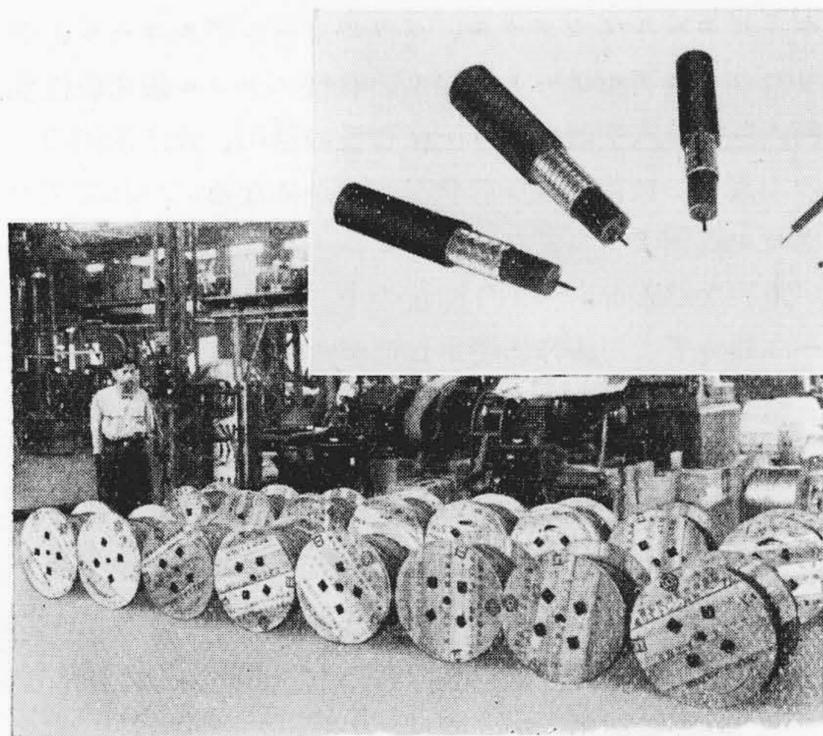
第 11 表 ポリエチレン充実型同軸ケーブルの電気的特性

Table 11. Electrical Characteristics of Solid Type Polyethylene Insulated Co-axial Cable

周波数	減衰量 (db/m)		特性インピーダンス (Ω)		波長短縮率 (%)	
	規格	測定値	規格	測定値	規格	測定値
10 MC	以下	0.018	75±3	76.0	67±2	67.7
30 MC		0.033	75±3	75.7	67±2	67.9
200 MC		0.12	75±3	75.8	67±2	68.0



第 17 図 各種同軸ケーブルの減衰量
Fig. 17. Attenuation of Several Types of Co-axial Cables



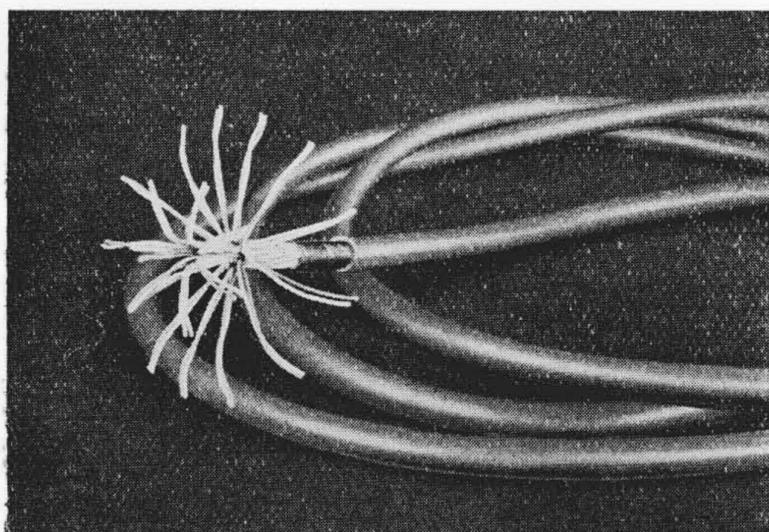
第 18 図 各種ポリエチレン絶縁高周波ケーブル
Fig. 18. Several Types of Polyethylene Insulated High Frequency Cables

塩化ビニールの通信ケーブルへの応用 Application of Polyvinyl Chloride for Communication Cables

塩化ビニルはまた通信ケーブルにも極めて効果的に応用されている。即ちその特長である絶縁耐力、耐老化性、耐燃性、耐摩耗性に優れ被覆加工並びに着色の容易な事は通信ケーブルの絶縁、シース或は防蝕被覆として最適するものである。既に局内ケーブル或は保安通信用防蝕ケーブル等に広く使用されつつある。以下日立に於て他社に魁け製作したこの種のケーブルの性能の概略を述べ参考としたい。

ビニール局内ケーブル

このケーブルは錫鍍軟銅線上に色別塩化ビニール又は塩化ビニール上に色別綿糸を被覆した線心を対又は3ヶ



第 19 図 局内ケーブル
Fig. 19. Polyvinyl Chloride Insulated Switchboard Cable

撚したものを集合撚合せしたのち、外部シースとして塩化ビニールを施したもので次の様な特長を持つている。

- (1) 不燃性である。
- (2) 製造工程が簡単になる。
- (3) 取扱及び工事が簡単となる。

ビニール局内ケーブルは従来の様な複雑な外装保護物がなく、導体上のエナメル被膜を省略する事が出来るので工事中の取扱い、並びに接続作業が容易である。

- (4) 外観が美しい。
- (5) 耐屈曲性がある。

なおこのビニールは一般に絶縁抵抗がゴムや絶縁混和物に比してやや低いと云われているが、日立製品は次のような性能を有し、実用上支障のないものである。

(6) 絶縁抵抗特性

各心線と大地(他線をことごとく大地に接続)間に D.C. 100~500 V を加え 1 分間充電後ケーブル 1 km につき平均値 1,130 MΩ (最大値 1,350 MΩ, 最小値 980 MΩ)

(7) 絶縁耐力特性

各心線と大地(他線を悉く大地に接続)間に D.C. 500 V 或は 50 又は 60~350 V の実効電圧を 1 分間加えても異状がない。

(8) 難燃試験特性

ケーブルを垂直に保ちバーナーの角度を 45°, 焰の長さを 5 吋として 15 sec 間焰をあて 15 sec 間取去る。この操作を 7 回繰返した後焰をとり去った時ケーブルの焰は 2~3 sec 残るか消焰する。

(9) 耐寒試験特性

完成品外径の 3 倍の円筒に巻付け -30°C に 2 時間冷却後塩化ビニール被覆に龜裂を生じない。又試料を横に伸張しても異常が無い。

保安通信用防蝕ケーブル

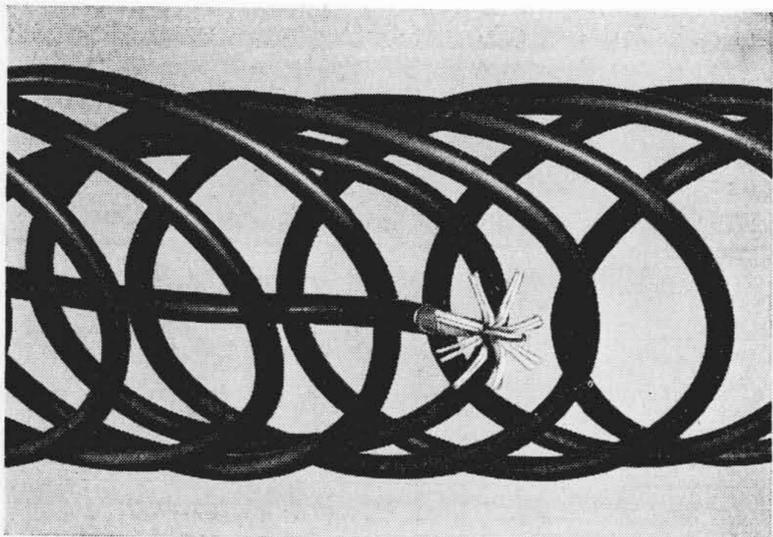
このケーブルは通信ケーブルの鉛被上に防蝕層として塩化ビニール(或はネオプレンを被覆することもある)をチュービング式又はテーピング式で被覆したもので、架空或は地下ケーブルとして布設し次の様な特長を持つている。

(1) 配電線からの流入電流を防ぐ

絶縁性が高いため送配電線と並行架設した場合、送配電線の断線事故等により通信ケーブルに直接電圧が加わることを防ぐ。

(2) 外傷から保護する。

耐摩耗性、耐衝撃性が良く架空、地下布設に於いて外傷を防ぐ。



第 20 図 保安通信用防蝕ケーブル

Fig. 20. Polyvinyl Chloride Covered Preserve Corrosion Telephone Cable for Transmission Line

(3) 電氣的、化学的腐蝕を防ぐ

耐絶縁性、耐薬品性、耐老化性であるため、地下布設ケーブルの電蝕、化学腐蝕を防ぎケーブルの寿命を半恒久的なものとする事が出来る。

日立が最近製作納入したものの性能は下記に示すように優れており、使用上何等の不安がないものである。

(1) 絶縁抵抗

常温で 30% の食塩水中に 24 時間浸漬後、鉛被と浸漬間の絶縁抵抗は 126 MΩ/km である。

(2) 絶縁耐力

水中に 1 分間浸漬後鉛被と水との間の絶縁耐力は A.C. 3,000 V に 1 分間耐える。

(3) 耐寒試験

ケーブルでケーブル外径の 10 倍を有する円環を作り -15°C に 1 時間冷却しても龜裂を生じない

(4) 加熱変形試験

長さ 40 cm のケーブルを両端から 10 cm の 2 点で 4 mm の鉄線を以つて水平に支持し両端に $W/2$, 中央に W の荷重を加す。(W はケーブル 1 m の自重)次に 60°C に 12 時間加熱しても支持点の塩化ビニール被覆が 25% (0.5 mm) 以上変形しない。

巻線及び絶縁電線

Magnet Wires and Insulated Wires

特殊マグネットワイヤー

Special Magnet Wires

ホルマール線 (VF 線)

戦前耐熱マグネットワイヤー用材料として研究された

ポリビニールアセタール、ポリビニールアルコール、ポリビニールアセテート樹脂も、戦後エナメル線用乾性油特に桐油の入手難に伴う国産資源の活用、及び米国のこの方面への技術的進歩の状況が明かになるにつれてアセタール樹脂の一つであるポリビニールホルマール(PVF)が重要な意義をもつようになつた。初め我国電線メーカーは競つてこの製作に着手したが、単に購入した PVF を溶媒に溶したものを塗布焼付したものでは外観、寸法、性能の諸点に難色があり、油性系エナメル線の製作された初めに幾多の辛酸をなめた電気機器メーカーはホルマール線に移ることは電線メーカーが考える程簡単でなく、十分に検討を加え慎重を期された。日立の VF 線は当初から独特の性能を發揮した為各方面からの好評を博し、昨今需要が急激に増加して来たので増産計画を進めこれに対処している次第である。日立特有の性能はその配合と製法によるもので、なお向上の一路を辿っている。今回我国では初めてと考えられる平角 VF 線の製作に成功しその性能の一部は後述するが、目下電気機器に應用を願つている次第である。このように丸線、平角線を用いた日立 VF 線の優れた原因は種々あるが、そのうち 26 年度の改善事項を主とした経過を以下に記述する。



第 21 図 日立 VF 線の應用

Fig. 21. Application of Hitachi VF Wires

日立は多年油性系エナメル線の製作に従事し、需要者の諸要求に応じつつ、常に製作技術の研さんに努めて来たその技術をホルマール線の製作に利用した初期製品については日立評論 (第 31 卷、第 4 号) に発表した様に当時のものとしては優れたものであつた。VF 線の特長は皮膜厚はこれ迄のエナメル線とほぼ同一で、耐磨耗性が著しく高く、耐油、耐溶剤 (特に耐ベンゾール) に強いことである。また耐熱性も油性系エナメル線より高く、電氣的性能はほぼ同程度である。製作上非常に異なるところは濃度の割に粘度が高く溶剤を多量に要することである。このため最適国産溶剤であるフルフラールもこの方面の需要量を充し得られない状態で、これが代用溶剤の研究を行い廉価であつて製作上有利な代用溶剤を

使用し実績をあげている。また PVF 自体についてはその重合度、アセタール基、アルコール基、醋酸基が耐電圧、耐油、耐溶剤、耐摩耗性に及ぼす関係を究明し、更にその皮膜が導体に強固に接着していることが、VF 線使用上重要な条件であるので、独自の基礎考察法（工化、第 54 巻、626 号、629 号）にもとづきエステルロジン系油性エナメル線と比較した結果、約 17 倍であり、著しく強いことを見出している。このように諸性能から VF 線に最適な重合度、アセタール基、アルコール基、醋酸基の PVF を決めている。

米国 GE 社のホルメックス線は優れた諸特性のものであることは余りにも有名である。その特長は PVF に石炭酸初期縮合物、例えばレゾールを入れたものを用いることであつて、これが特許であり、われわれ電線界の最大関心事でもある。日立マグネットワイヤーの優れた伝統をこの VF 線にも生かすため、種々研究の結果、溶剤がフルフラールであることから、そのフルフラールを变形樹脂化したヒタフラン (Hitafuran) を PVF に添加することにより、諸性能を著しく改善し、優れた VF 線を得ることが出来た。26 年に入り強電機メーカーの要求により平角 VF 線の製作を行つたが、これは丸線の場合より製作上幾多の問題がある。例えば導体かどの皮膜厚の不均一、厚及び幅面の厚さ変化の調整等であるが、これらも一応解決し、目下需要家の御批判を仰いでいる

第 12 表 平角 VF 線の耐薬品性

Fig. 12. Chemical Resisting Capacity of Flat Square V.F. Wires

ベンゾール	浸漬 24 時間後、布、爪で磨擦するも異状なし
ガソリン	〃
ベンゾール 20%+ガソリン 80%	〃
メチルアルコール	〃
硫酸 (比重 1.2)	〃
苛性ソーダ (比重 1.01)	〃
ベンゾール 50%+エチルアルコール	1 時間迄は異状ないが、24 時間では剥離

第 13 表 平角 VF 線の耐電圧

Table 13. Dielectric Capacity of Flat Square V.F. Wires

試験の条件	耐電圧
常温常湿	3,400 V
120°C 6 時間加熱後	4,100 V
浸水 6 時間後	2,200 V

(註：鉛テープを巻き鉛テープと導体間に加電)

例えば 2.8×6.0 平角 VF 線の諸性能のうち、耐薬品性と耐電圧の値を示すと第 12 表、第 13 表の通りである。

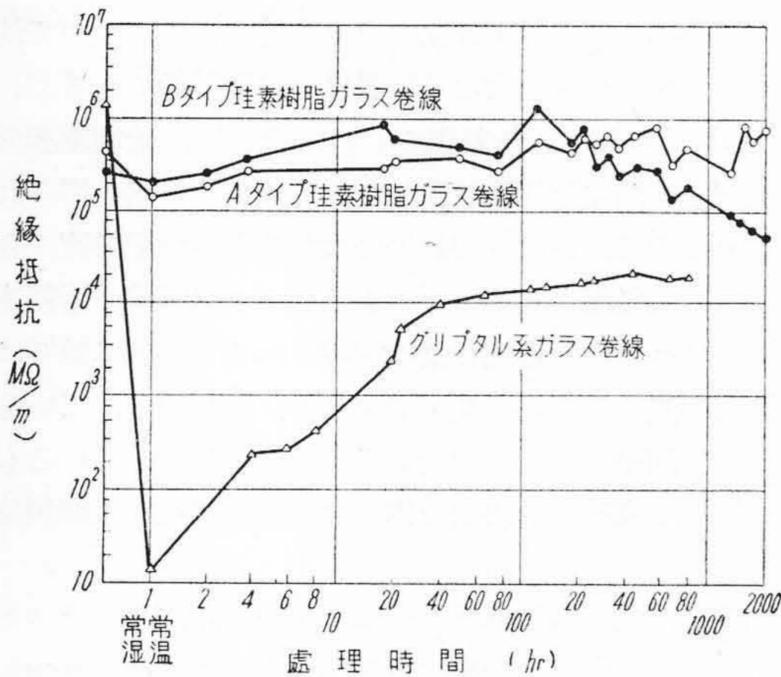
ガラス巻線

電気機器の最近の傾向として同じ出力に対する電気機器の容積、重量の縮小化が考えられつつあり、機器の最高許容温度のてい昇が行われるすう勢にある。従つてこれに使用されるマグネットワイヤーも高い耐熱性のものが要望されるようになり、ガラス巻線の需要がとみに増加しつつある。

日立は先に商工省より重要研究費の交附を得て、耐熱マグネットワイヤーの研究を行い、一応の研究目的を果し、更に電動機の応用面の検討を行い、その一部は日立評論に発表済みである。当時の需要は極めて少なかつたが、26 年に入り特に量、質共に種々な要求があり、これに応ずるためガラス系の横巻法、耐熱ワニスの焼付法にこれまでのうん蓄を活し、諸性能が著しく優れて、寸法は DCC と同一で、表面極めて平滑なガラス巻線の製作に成功した。以下日立ガラス巻線の概要について述べる。ガラス巻線の大なる特長はその耐熱性であるが、反面 DCC に較べ、無処理のものは耐摩耗、耐衝撃耐振動性弱く、被覆を補強処理しなければ実用に供し得られない、従つて被覆の補強効果の大なるもので耐熱度の高いワニスで処理される必要がある。ガラス巻線の耐熱度はそのワニスの耐熱度と量に左右される。我国に於ては比較的耐熱性の高いグリプタルワニスが採用されている。日立は同系のワニス中最もガラス巻線に適しているものを採用し丸線、平角線導体のそれぞれに就いて調製使用している。

最初に使用したガラス系はアルカリ含硼酸ガラス系であり、諸種の化学的処理を行いアルカリ金属の弊害を防止する研究を行つたが、JES 電気 2200 号に規定されているアルカリ金属 1% 以下の電氣的、化学的諸特性程度に発揮することが出来ないので、(日立評論第 26 巻第 4 号) 無アルカリガラス系を採用して来た。われわれが時折り入手する米国製ガラス繊維の分析結果よりすればアルカリ金属 1% 以上のもも屢々あるが、我国のように高湿度下に使用される電気機器はアルカリ金属の極力少ないものの方が有利である。そこで 0.5% 以下の無アルカリ繊維で織度が細く 7 μ 或は 5 μ のものを集束し糸の番手公差、紡糸条件が巻線用電線に適するようものを各社製品について吟味、決定し、巻線作業方式も DCC と異なる特定のものを用い、被覆厚薄く、均一性のある無アルカリガラス巻線を先ず作り、次にワニス焼付後の条件として仕上寸法が丸線、平角線共に DCC と同寸法であり、前述のように機械的強度高く、端末部よりガラス糸がほぐれることのない均一性に富む等の要求

条件をグリプタルワニスで充し多量生産を続けている。
 しかし米国に於けるようにH級絶縁として用いられるガラス巻線はグリプタルワニスではその目的は果し得られないので、珪素樹脂を用いることが必要である。目下は特許問題で制肘を受けているが、性能上の検討を充分に行い、試作品に就いて使用上の御批判を仰ぎ、いつでも切替えて需要家に御迷惑をかけないよう万全の調査を進めその結論もほぼ得られつつある。例えばエチルトリクロシランとメチルトリクロシランの加水分解生成物の比較、これらの成分中二塩化物と三塩化物の割合の効果等について、それぞれをガラス巻線に用い、そのガラス巻線を高温 (220°C), 高湿 (RH 90%) 下の電氣的、機械的性能より検討している。その一部は電気学会で講演済みであり、また日立評論に記載する予定にしているがグリプタルワニスと比較した 220°C 耐熱試験の一例は第 22 図に示す通りである。更に数種のグリプタルワニス



第 22 図 220°C 下のガラス巻線の絶縁抵抗の変化
 Fig. 22. Change of Insulation Resistance of Glass Covered Wires at 220°C

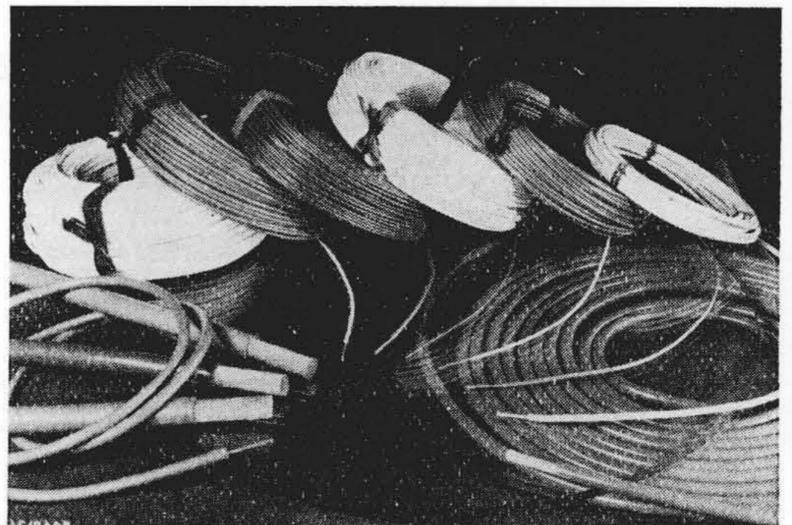
ス日立研究所試作品の珪素樹脂、及び米国製珪素樹脂 DC 1088, DC 996 を用いたガラス巻線の比較検討を続け、米国製品程度のものを国産珪素樹脂を用いて得ることを第一前提としてガラス巻線の製作に努力している。

合成樹脂を応用した絶縁電線類
 Electric Wires Insulated with Thermoplastics

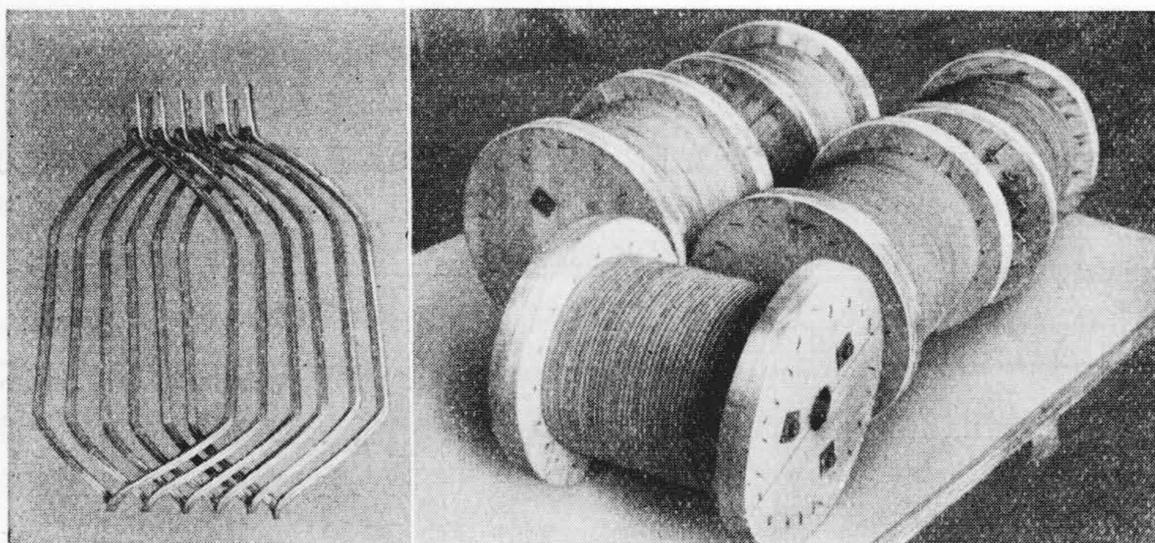
既に種々発表されているように米国に於ける合成樹脂の発展普及は実に驚くべきものがあり、それらの技術は漸次我国へも導入され極めて急速に実用化されつつある。

特に塩化ビニール電線は最も早く我国の電線界に取入れられたもので、既に 600 V ビニール電線及び器具用ビニールコードは JIS として正式に規定され、従来の 600 V ゴム絶縁電線 (4 種線)、ゴム絶縁屋内コードに替つて本格的に採用されつつある。

更に制御ビニールケーブル、配電盤用ビニール線、ネオン管燈用ビニール電線等もそれぞれ規格化され実用期に入つておる。一方国産ビニールの品質もここ一、二年



第 24 図 600 V ビニール電線
 Fig. 24. 600 V Polyvinyl Chloride Insulated Wires



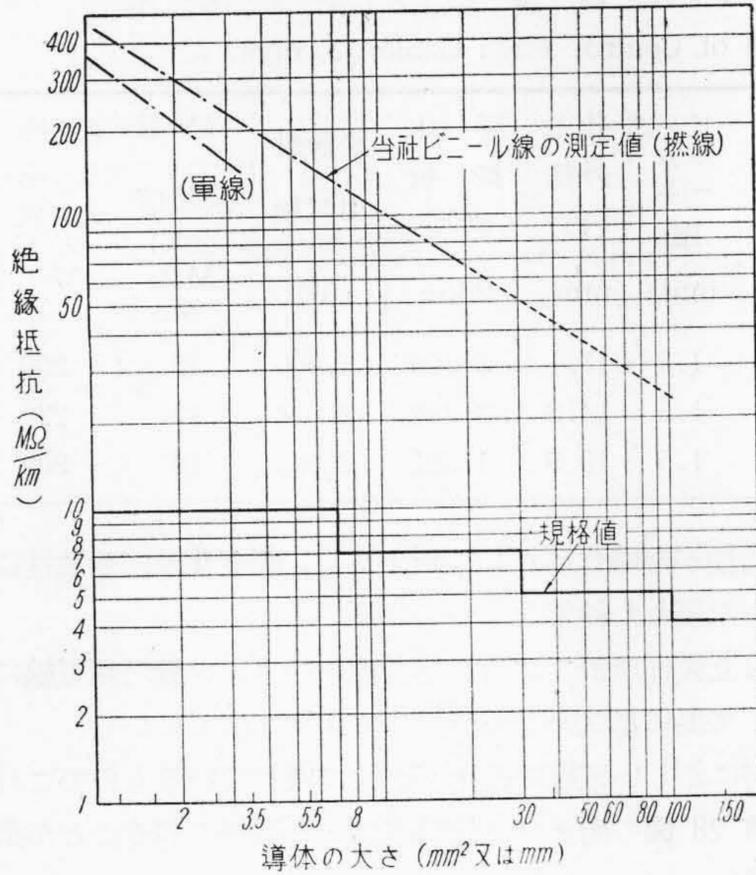
第 23 図 ガラス巻線とそのコイル
 Fig. 23. Glass Covered Wires

に於て著しい進歩の跡が見られ、我国ビニール電線もようやく軌道に乗つて来たという事が出来る。

然しながらその応用と普及の面に於いては未だ欧米に及ぶところではなく、今後の飛躍にまつところ大なるものがある。

以下我国に於て規格化された塩化ビニール応用の電線に就いて概略を述べ併せて日立に於て検討しているビニール応用の電線を紹介し参考に資し度いと思う。

600V ビニール電線



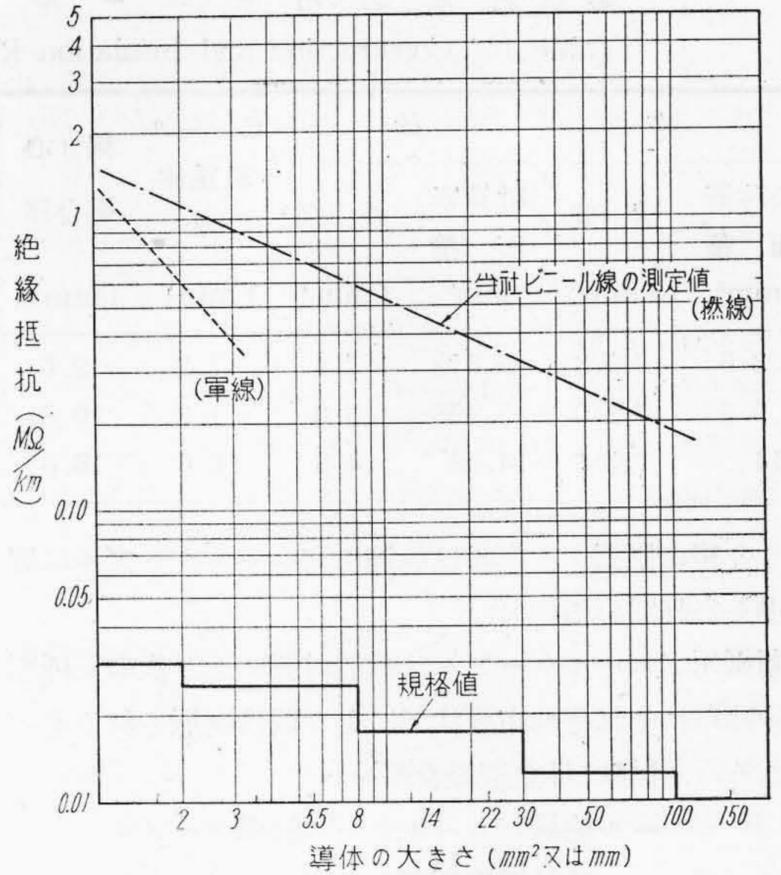
第 25 図 600 V ビニール電線の 20°C の絶縁抵抗 (燃線)

Fig. 25. Insulation Resistance of 600 V Polyvinyl Chloride Insulated Wires at 20°C

600 V ビニール電線は昭和 25 年より工業技術標準調査委員会に於て取上げられ慎重審議が行われた結果、昭和 26 年 8 月ようやく JIS として正式に規定され、同時に電気工作物規定の一部改訂が行われ本格的に採用されるに到つたもので、これにより我国の塩化ビニール電線の普及は飛躍的に増大するものと考えられる。

この電線は 600 V ゴム絶縁電線(4 種線)に代るもので最も広く使用されることから内容の検討も極めて慎重を極めたものであるが特に絶縁抵抗に関しては活潑な討論がなされた。即ち塩化ビニール電線はその本質的な性能として絶縁ゴムに比し絶縁抵抗が低く、またその温度特性が大きいため電気工作物規定並びに災害防止の点からどの程度に定めるべきかという事が審議の焦点となつたものであるが、結局絶縁抵抗及びその温度特性は ASTM に準じて第 25 図のようにきめられ、更に電線の温度 55±1°C に於ける絶縁抵抗を第 26 図の値以上という事にきまつた。

なお安全電流に関しては二三の実験と計算の結果 600 V ゴム絶縁電線とほぼ同じである事が判つたのでゴム線の値をとることとした。日立製品は規格値に対して極めて優れた性能を有するものである事は勿論の事で、最も問題となつている絶縁抵抗値を規格と対比すると第 25 図及び第 26 図の通り優秀なものである。



第 26 図 600 V ビニール電線の 55°C の絶縁抵抗

Fig. 26. Insulation Resistance of 600 V Polyvinyl Chloride Insulated Wires at 55°C

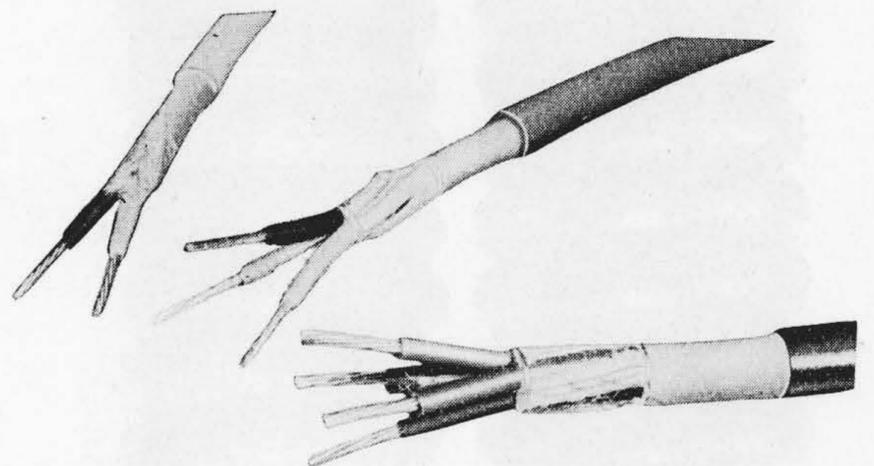
制御用ビニールケーブル

塩化ビニールの特長を最も有効に利用出来るケーブルとして制御ケーブルを挙げる事が出来る。

制御ケーブルは発電所の 600 V 以下の制御回路に使用されることから線心の色別が心要であり耐燃性である事が望ましい。

塩化ビニールはこのような要求に完全に適合するものであり最も早くこのケーブルにビニールを応用した訳もかかる理由によるということが出来る。

一昨年頃より旧日本発送電に於て制御ケーブルにビニールを応用することが考えられ、所謂日発仕様制御用ビニールケーブルがきまり、その後関東配電に於てもほぼこれと同じ構造の制御用ビニールケーブルを採用するに



第 27 図 制御用ビニールケーブル

Fig. 27. Control Vinyl Cables

第14表 制御用ビニールケーブルの構造と絶縁抵抗
Table 14. Construction and Insulation Resistance of Control Vinyl Cable (2-cores)

公称断面積 (mm ²)	構成 (mm)	計算断面積 (mm ²)	外径 (mm)	ビニール 絶縁体 厚 (mm)	線心 撚合径 (mm)	ゴム引 綿テー プ厚 (mm)	ビニ ールシ ース 厚 (mm)	仕上 外径 (約) (mm)	導体 抵抗 20°C (Ω /km)	絶縁耐 力試験 (V)	絶縁抵抗	
											規格値 20°C (M Ω / km)	当社製品 測定値 20°C (M Ω / km)
3.5	7/0.8	3.519	2.4	1.2	9.6	0.25	1.5	13.1	5,339	2,000	15	250
5.5	7/1.0	5.498	3.0	1.2	10.8	0.25	1.5	14.3	3,382	2,000	15	230
14	7/1.6	14.08	4.8	1.6	16.0	0.25	1.5	19.5	1,321	2,000	10	200

到り今後の制御ケーブルは急速にビニールケーブルに置き換えられている。

制御用ビニールケーブルは構造材質により次の三種類に分けられそれぞれ布設状況により取捨選択されるものである。(詳細は日立型録参照)

ビニール絶縁ビニールシース制御ケーブル

ビニール絶縁鉛被制御ケーブル

ビニール絶縁鉛被絨斗巻制御ケーブル

日立に於いてはかかる状況に鑑みこの種ケーブルの製造設備を充実し広く一般の需要に応じている。

次に最近の日立製品の性能を示すと第14表の通りである。

ネオン管灯用電線

ネオン管灯用電線は新しい合成樹脂の採用により従来の構造が全く一新された。

即ち従来導体上に高圧絶縁ゴムを被覆し、更に綿糸編組を施した後、アセチル、セルローズ塗料(AC塗料)を塗布したものであるが、耐オゾン性が少なく製造が比較的困難であつたが、改訂ネオン管灯用電線は絶縁物として高圧ゴム、ビニール又はポリエチレン等を使用し、外部シースとしてはビニール又は合成ゴムのような合成樹脂を採用したもので何れの型に於ても従来のものに比し

製造法が簡略化され且つ耐オゾン、耐老化及び耐油性に富んだ優れた性能をもっている。

日立製作所於てはこれ等各種々のネオン管灯用電線に対して既に型式承認を受け広く需要に応じている。

特に新しい電線は耐オゾン性に優れているものでこれは第28図の耐オゾン比較図により明瞭に知ることが出来る。

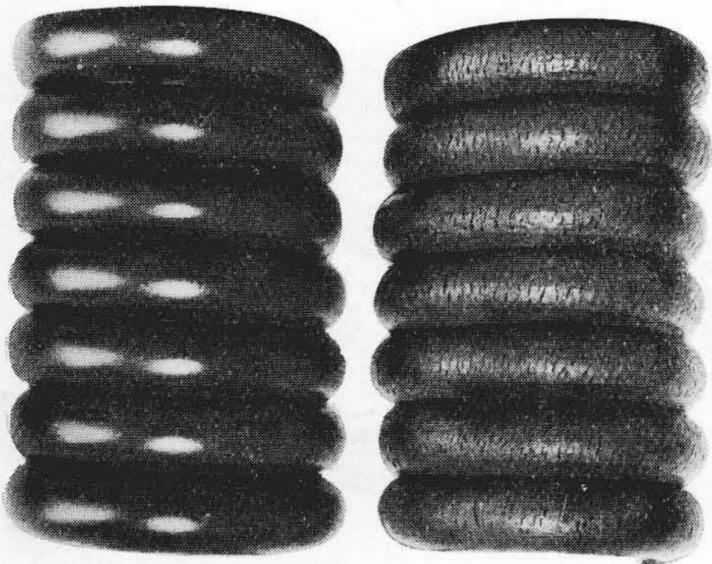
なお合成ゴムを応用したネオン管灯用電線については合成ゴム応用の高圧ゴム絶縁電線の項を参照願いたい。

蛍光灯用電線

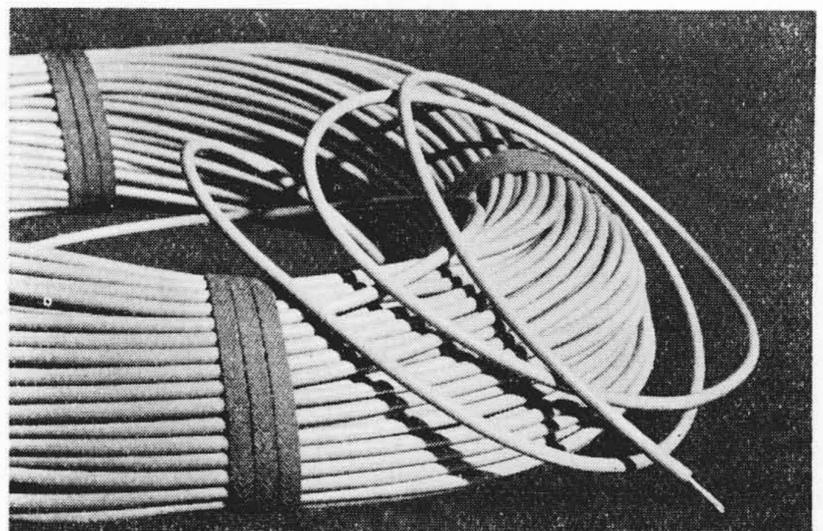
最近蛍光灯が各方面に使用されるようになり、これに使う高圧電線として蛍光灯用電線が制定された。

この電線は主として飾窓、店内照明及び卓上スタンド等に用いる蛍光灯の導線、配線に使われるもので電氣的に十分な性能を有するばかりでなく、機械的に強く且つ外観の美しい体裁のよいものでなければならぬのでビニール絶縁の蛍光灯用電線がクローズアップされ各方面で好評を博している。

この電線は(JCS-199 1,000 V 蛍光灯用電線)主として蛍光灯の高圧側の配線に使用され、構造は0.75 mm²(30/0.18mm)の錫メッキ撚線の上に1.2mmの厚さに灰色の塩化ビニールを一様に被覆したもので1条の標準条長は100 mである。



第28図 オゾン試験比較
Fig. 28. Comparison of Ozone Tests



第29図 蛍光灯用電線
Fig. 29. Fluorescent Lamp Wire

電氣的、機械的諸性能は概ね他のビニル絶縁線に準じたものであるが主なる性能を示すと次の通りである。

- 導体抵抗 (20°C に於いて) 24.8 Ω/km
- 絶縁耐力 (浸水 1 時間以上後) 2,000 V/1 min
- 絶縁抵抗 (20°C に於いて) 1,000 MΩ/m
- ビニル絶縁体 性能 600V ビニル線に準ず

船舶用電線に於けるビニルの応用

最近我国の造船界に於いてもビニル電線が盛んに使われるようになって来た。

既に衆知の通り我国に於ける船舶用電線は AB, NK 及びロイド規格によるものであるが、その中 AB, NK 規格には、インパービアスシースケーブルが規定されている。

このケーブルは合成樹脂又は合成ゴムのインパービアスシース (不滲透性被覆) を有するものでインパービアスシースとしては塩化ビニル、塩化ビニルと醋酸ビニルの共重合物又はネオプレン等が採用されている。

もともと塩化ビニル電線は不燃性電線として米国の船内配線に大幅に採用されている位で船用線としては誠に好適なものであることは疑いなく、我国に於けるビニル電線製造工業の技術的水準が向上するに従いこの電線の需要は急速度に増して来るものと期待している。

更にこの電線が船用線として歓迎される理由は被鉛線に較べ遙かに軽量であり価格面に於ても有利である事が挙げられよう。

特に船内配電盤裏面配線用として規定されている STW 線は耐燃性、機械的強度等に於いて優れているもので現在最も需要のあるものである。参考までに船用ビニル線の種類と被鉛線との重量比を示すと第 15 表乃至第 17 表の通りである。

その他の合成樹脂応用電線

第 15 表 AB (NK) 規格に規定されている合成樹脂電線

Table 15. AB (NK) Rule-Prescribed Thermoplastic-Insulated Wires

品 名	記 号
単心ゴム絶縁インパビアシース鍍装線	SRI
2.3 心ゴム絶縁インパビアシース鍍装線	DRI TRI
単心ワニスキャンブリック絶縁インパビアシース鍍装線	SVI
2.3 心ワニスキャンブリック絶縁インパビアシース鍍装線	DVI TVI
船内通信用インパビアシース鍍装線	ICI
配電盤用単心サーモプラスチックアスベスト絶縁耐燃線	STW
共電式電話用インパビアシース鍍装線	TTCI

第 16 表 AB (NK) 規格の合成樹脂電線と被鉛電線との重量比較表

Table 16. Weight Comparison of Two Types of AB Ruled Wires

型 サイズ	SRL (A)	SRI (B)	比率 $\left(\frac{B}{A}\right) \%$
SR- 4	455 kg	211 kg	46.4
//- 6	498	235	47.2
//- 10	558	270	48.6
//- 16	701	352	50.3
//- 20	755	386	51.3
//- 26	830	443	53.2
//- 33	887	476	53.7
//- 41	972	536	55.2
//- 52	1,075	603	55.8
//- 66	1,393	735	52.7
//- 83	1,638	888	54.2
//-106	1,822	1,019	55.8
//-133	2,060	1,198	58.0
//-168	2,330	1,401	60.2
//-212	3,030	1,698	56.2
//-250	3,445	1,983	57.2

備考 SRL : 単心ゴム絶縁鉛被鍍装線
SRI : 単心ゴム絶縁インパビアシース鍍装線

以上塩化ビニルを応用した電線の主なるものを述べたのであるが未だ未開拓の応用分野は極めて広く本格的な応用は寧ろ今後にあるといつても過言でない。これ等について詳細紹介することは到底許されぬがここに日立製作所に於て行つている代表的な二三の例を述べることにする。

(1) ポットモーターのリード線としての応用

人絹、化学繊維等を製造する工場に於いて使用するポットモーターのリード線は耐油性及び耐酸性に富んだものでなければならぬので、従来はキャブタイヤコードとか編組ゴム線が使用されていたがこれらでは性能が十分でないので人絹製造業者の大きな悩みとなつていたのであるが、ビニル応用によつてこの難点は見事に解決された。日立製のリード線の構造は第 18 表の通りである。

(2) 自動車用電線としての応用

従来の自動車用電線はゴム絶縁編組電線にアセチルセルローズ塗料 (AC 塗料) を焼付塗布したものであるが導体に直接ビニルを被覆するか絶縁ゴム上にビニルシースを被覆することにより極めて能率的に耐油性に富む色別鮮明な自動車用電線が得られるようになった。

(3) 電気機器口出線としての応用

第 17 表 AB(NK) 規格の合成樹脂電線と被鉛電線との重量比較表

Table 17. Weight Comparison between Thermoplastic Insulated Wires and Lead Sheathed Wires, Both on AB (NK) Rule

型 号	ICL (A)	ICI (B)	比率 $\left(\frac{B}{A}\right) \%$
IC- 2	kg 670	kg 366	45.5
//- 3	730	343	46.7
//- 4	818	391	47.8
//- 6	1,242	537	43.2
//- 8	1,396	621	44.6
//-10	1,653	750	45.2
//-12	1,747	812	46.4
//-14	1,851	890	47.2
//-16	2,351	1,021	43.5
//-18	2,512	1,108	44.2
//-20	2,625	1,177	44.8
//-22	2,795	1,269	45.4
//-24	3,087	1,394	45.4
//-26	3,197	1,496	46.9
//-28	3,347	1,582	47.4
//-30	3,439	1,646	47.9

備考 ICL : 船内通信用鉛被鍍装線
ICI : 船内通信用インパビアスシース鍍装線

電線機器口出線に対してはゴム絶縁編組線に絶縁性に優れた耐熱、耐油性塗料を塗布する所謂ゴム絶縁口出線が一般に使われているが、表面漏洩抵抗が若干不十分である。

これを改善するため外部編組を耐熱性のビニルに置き換えてみた結果、耐熱性は殆ど心配なく且つ表面漏洩抵抗の高い口出線を得る事が出来た。この電線に就いては引続き長期の実用老化試験を行つているが、好成績である。

(4) 鉛被ゴム絶縁電線の鉛被代用としての応用

鉛被ゴム絶縁電線の鉛被覆は主として絶縁ゴムの機械的保護と老化防止のため施すものであるからこれをビニ

ールに置き換えることは当然の行き方である。

即ち外傷及び絶縁ゴムの老化に対してビニールは鉛には何等遜色ないばかりでなく、鉛に比し軽量入手が容易にして取扱い易く且つ色別が簡単であると云う長所を有している。

(5) キャブタイヤシースの代用としての応用

最近キャブタイヤシースの代りにビニールシースを置き換えたものを製作した。

このケーブルは可撓性が温度により著しく変るので引続き実験を行つているが機械的強度に於ては何等遜色がない。

(6) 通信機器内部配線用電線としての応用

通信機配線用としてビニールを応用する場合、溶融半田の滴下によるビニール被覆の損傷が懸念されたが実験の結果は何等支障がない。更に引続き検討を行つている。

その他ビニールの応用として考えられる事は防蝕層、鉛被代用等あるが、日立に於てはビニールの本質的な性能の改善に積極的な研究を重ねると共にこれが応用分野の開拓普及にも努めているもので各方面の忌憚なき批判を望んでいるものである。

合成ゴム応用の高圧ゴム絶縁電線

Synthetic Rubber Sheathed High Voltage Rubber Insulated Wires

一般に高圧ゴム絶縁電線として挙げられるものには、レントゲンケーブル、電子顕微鏡用ケーブル、浚渫船用ケーブル、ネオン管灯用電線及び自動車用高圧ゴム線等があり、これ等のケーブルは何れも高圧絶縁ゴムのオゾン及び老化による劣化を防ぐためその外層に耐オゾン、耐候性の保護層を施すことが常識となつている。

従来我国に於ては、この外部保護層として特殊配合のゴム混和物か又は塗料が使われていたが最近耐オゾン耐老化性に優れた合成ゴムが輸入出来るようになり所謂合成ゴム外装の高圧ゴム絶縁電線が作られるようになってきた。

即ちネオン管灯用電線に於ては既にクロロプレン系

合成ゴム及び塩化ビニールを外装保護物とした新しい規格(JCS-200)が制定され、たまた浚渫船用ケーブルに於てはクロロプレン系合成ゴムによる新しいケーブルが作られ既に

第 18 表 ポットモーターリード線構造表

Table 18. Construction of Pot Motor Lead Wires

線 心 数	導 体			P.V.C 絶 縁 体		撚 合 径 (mm)	P.V.C シ ー ス		試 験 電 圧 (V)	絶 縁 抵 抗 20°C (MΩ/km)	概 算 重 量 (kg/kg)
	公称断面積 (mm ²)	構 成 (mm)	外 径 (mm)	厚 (mm)	外 径 (mm)		厚 (mm)	外 径 (mm)			
3	0.75	30/0.18	1.2	0.8	2.8	6.0	1.0	8.0	3,000	1	60

各所に於て使われている。

日立製作所に於ては合成ゴムの入手難のため久しくこの種ケーブルの製作を中止していたが、最近材料入手に対する見透しがつき本格的な生産に移っている。

以下日立に於けるこの種合成ゴム応用の高圧ゴム絶縁電線の構造及び特性の概略を述べる。

ネオン管灯用電線

ネオン管灯用電線は 25 年来 JCS-200 として新規格が決められ、その種類は電圧により 15 kV 用と 7.5 kV に分けられ、構造により N-RV (ゴム絶縁+塩化ビニルシース)、N-RC (ゴム絶縁+クロロプレン系合成ゴムシース)、N-EV (ポリエチレン絶縁+塩化ビニルシース) 及び N-V (塩化ビニル絶縁+塩化ビニルシース) の 4 種類に分けられる。

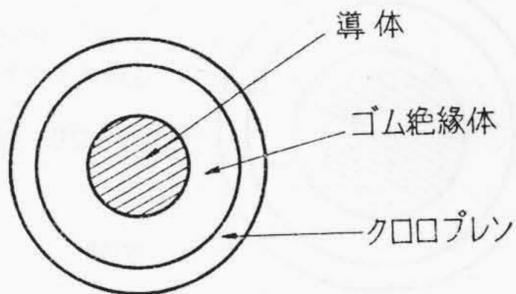
これらの構造寸法については既に「日立」(昭 26 年 7 月第 13 巻第 2 号) にて発表しているのここには合成ゴムを応用した N-RC の構造寸法及び性能を示す。

なお合成樹脂を応用したネオン管灯用電線については合成樹脂を応用した電線類の記事を参照願いたい。

浚渫船用ケーブル

浚渫船用ケーブルに相当するものに米英では Portable Power Cable が規定されている。このケーブルは外部被覆にネオプレンの様な合成ゴムを使つたもので耐候性機械的強度に優れているものである。

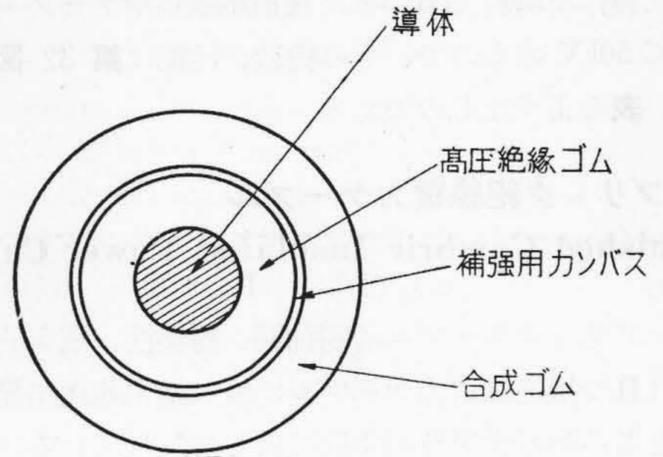
日立製作所に於てこのたび製作した合成ゴム応用の浚渫船用ケーブルは第 31 図、及び第 20 表のようなものである。



第 30 図 N-RC 型ネオン管灯用電線の構造
Fig. 30. Construction of 7.5 kV Neon-Gas Cable

第 19 表 N-RC 型ネオン管灯用電線の性能
Table 19 Characteristics of 7.5 kV Neon-Gas Sign Cable

種類	規定	結果
耐電圧試験	AC 15,000 V/1分	O. K.
耐オゾン試験	" 12,000 V/4時間	O. K.
表面漏洩試験	" 15,000 V/1分	O. K.



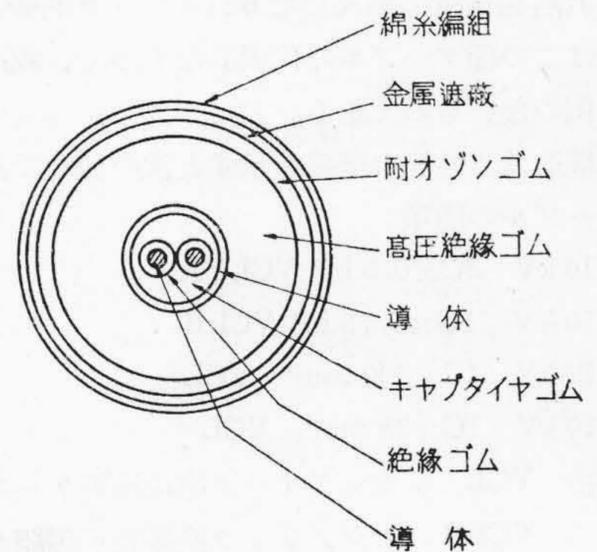
第 31 図 浚渫船用ケーブルの構造
Fig. 31. Construction of Dredger Cable

第 20 表 浚渫船用ケーブルの性能
Table 20 Characteristics of Dredger Cable.

種類	規定	結果
耐電圧試験	512,00 V/5分	O. K.

電子顕微鏡用ケーブル

電子顕微鏡用ケーブルは使用電圧及び寸法がレントゲンケーブルとほぼ同じである。



第 32 図 電子顕微鏡用ケーブルの構造
Fig. 32. Construction of Electron Microscope Cable

第 21 表 電子顕微鏡用ケーブルの性能
Table 21 Characteristics of Electron Microscope Cable

種類	規定	結果
耐電圧試験	AC 50,000 V/10	O. K.
絶縁抵抗 (内部导体外部遮蔽)	1,800 M Ω /km at 20°C	15,000 M Ω /km at 20°C

日立製作所に於て製作した電子顕微鏡用ケーブルは定格 AC 50kV のもので、その構造、性能は第 32 図及び第 21 表のようなものである。

カンブリック絶縁電力ケーブル

Varnished Cambric Insulated Power Cables

カンブリックケーブルは耐油性、耐熱性、電気的性能に優れ且つ紙絶縁電力ケーブルに較べ端末処理が簡単であるところから世界各国に於て広く使われている。

我国は主として変圧器の引出線位にしか使用されていないが、米英等に於いては広く送電配電線等にまで採用されており、その構造も次のように種類が多い。

カンブリック絶縁編組ケーブル

(線心遮蔽) カンブリック絶縁編組ケーブル

カンブリック絶縁鉛被ケーブル

(線心遮蔽) カンブリック絶縁鉛被ケーブル

(註) 1. 米国規格 ASAC 8.13-1948 によれば使用電圧は 28 kV まで規定されており絶縁厚は中性点接地式と非接地式に分けきめている。

(註) 2. ASAC 8.13-1948 は導体が同心撚であるが、BS 608 : 1943 では成形撚導体を採用している。

今回日立に於て印度マドラ、カマニ発電所並びに東北電力沼沢沼発電所に納入したカンブリック絶縁鉛被ケーブルはこの種ケーブルの代表的なもので、我国に於ては余り例のないものである。

その構造及び性能の概略を示すと次の通りである。

ケーブルの種類

1. 10 kV 3C×0.5 in² VCLTA
2. 10 kV 1C×0.75 in² VCLB
3. 10 kV 1C×600 mm² VCL
4. 10 kV 1C×38 mm² VCL

(註) VCL : カンブリック絶縁鉛被ケーブル

VCLB : カンブリック絶縁鉛被編組ケーブル

VCLTB : カンブリック絶縁鉛被鋼帯鎧装ケーブル

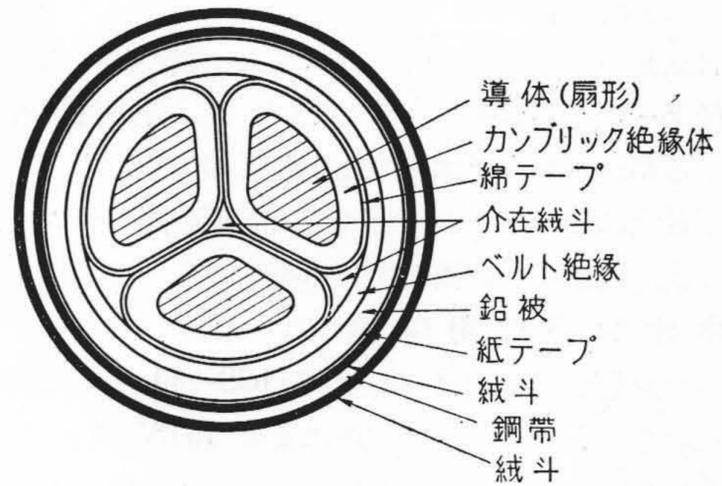
1. 2. は印度カマニ納入分
3. 4. は東電沼沢沼納入分

ケーブルの構造

ケーブルの構造は印度向のものに対しては BS 608 : 1943 と先方指示(鉛被上の編組等)により、東北電力のものは絶縁厚さを JEC-59 によりその他は BS に準じ第 33 図乃至第 35 図の様にきめた。

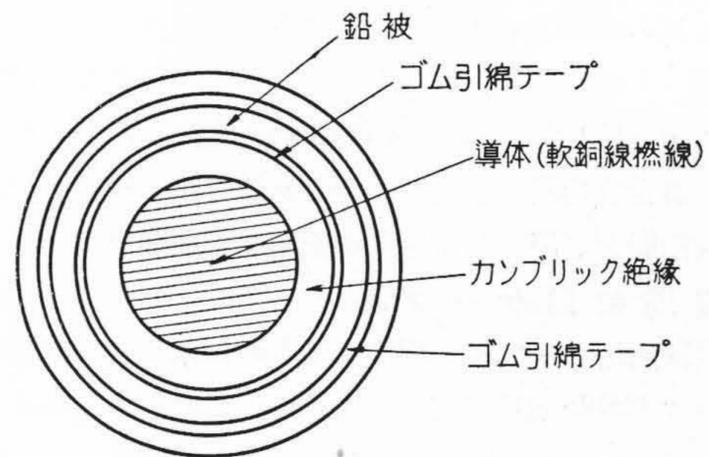
ケーブルの性能

このケーブルの製作に当つては材料並びに製造法に細心の注得を払い、規格値に対し優れた性能のものを得る



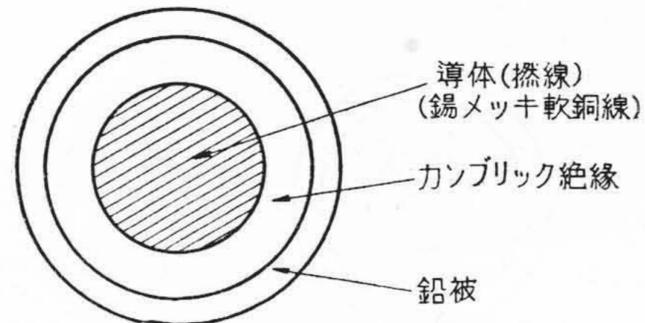
第 33 図 10kV カンブリック絶縁鉛被鋼帯鎧装ケーブル構造図

Fig. 33. 10 kV Cambric Insulated Lead Sheathed Steel Tape Armoured Cable



第 34 図 10kV カンブリック絶縁鉛被編組ケーブル構造図

Fig. 34. Sectional Diagram of 10kV Cambric Insulated Lead Sheathed Cotton Braided Cable



第 35 図 10kV カンブリック絶縁鉛被ケーブル構造図

Fig. 35. Sectional Diagram of 10 kV Cambric Insulated Lead Sheathed Cable

ことが出来たが、ここに誘電体力率温度特性を示すと第 38 図の通りである。



第 36 図
11 kV 0.75 in² × 1 c カンブリ
ック絶縁鉛被編組ケーブル
Fig. 36.
11 kV Grade Varnished,
Cambric Insulated Lead
Sheathed and Braided Cable
1 coud. 0.75 sq. in.



第 37 図
11 kV 0.5 in² × 3 c カンブ
リック絶縁鉛被鋼帯鎧装ケー
ブル
Fig. 37.
11 kV Grade Varnished
Cambric Insulated Lead
Sheathed Steel Tape
Armonred Cable 3 coud.
0.5 sq. in.

伸銅品及び裸線

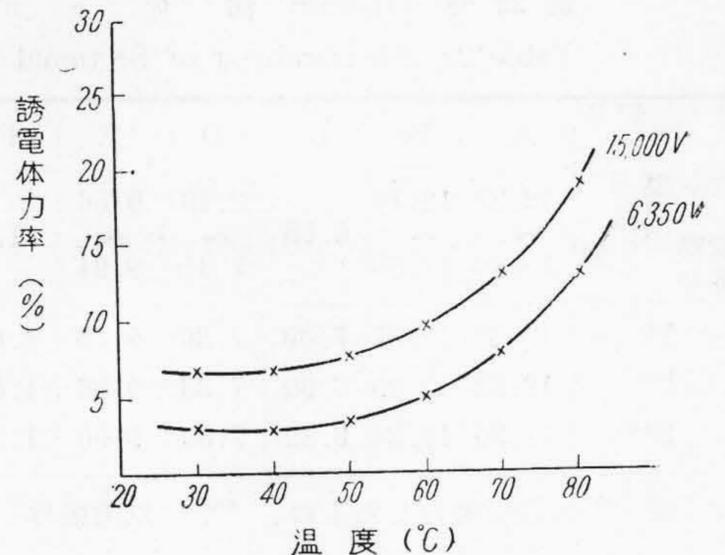
Copper Bars and Bare Copper Wires

伸銅製品及び裸銅線はその構造、製作工程が比較的単純なところから、その品質改善も自ら基礎的な問題の検討に向けられる。

日立は常に、基礎研究に意を用い高品位且つ均質な製品の生産を目標に総合的な検討を行つている。以下、26年度に於ける二三の代表的な例に就いて述べる。

トロリー線

トロリー線の電氣的性能（主として導電率）機械的性能（主として抗張力、伸び耐震性）改善に関しては、既に発表している（「日立」第 13 巻第 2 号、昭 26）ように、引続き検討を行つているが、更に形状、寸法の品質管理についても以下述べるように斬新的な改善を実施した。



第 38 図 誘電体力率温度特性
Fig. 38. Relation between the Temperature and the Power Factor

従来、溝付トロリー線の断面形状を簡単に測定することは困難とされており、ある程度の誤差は止むなく承認されていたのであるが、形状の不均衡、特に溝角度の誤差は、トロリー線の寿命に著しく影響するもので、これが品質の改善に就いて国鉄等より、強く要望されていたものである。

一般に、トロリー線の断面形状を測定するには次の三方法が挙げられるが、何れも煩雑で能率的でない。

1. 工具顕微測定器による方法
2. 断面の拡大写真による方法
3. コンパレーターによる方法

日立製作所では種々検討した上で第 39 図に示すような特殊の測定器を完成し、極めて簡単、短時間にダイスの形状を測定することにより、これが品質管理に成功することが出来た。その結果の一例を第 22 表に示す。

レールボンド

いう迄もなく、レールボンドは電氣的、機械的に十分な性能をもつていなければならず、特にその耐震性、取付に適する端子形状は最も関心のもたれるところである

日立標準鉄端子熔接ボンドはこれ等の要求に最も適するもので、各方面の好評を博している。最近、レールボンドの JIS 制定が取上げられ、既に数回の下打合せが行われているが、この中には日立の推奨している鉄端子熔接ボンドが大幅に取入れられる模様で、一般にその真価が認められて来たことを示している。

（「日立」13 巻第 2 号昭 26 参照）

整流子片

整流子片は、電氣的には高導電率を有し、機械的に耐磨耗性に優れたものが必要である。

日立整流子片は長年に亘る製作及び使用の経験によつて独特の作業法を採用し、一方純良な電気銅を使用する

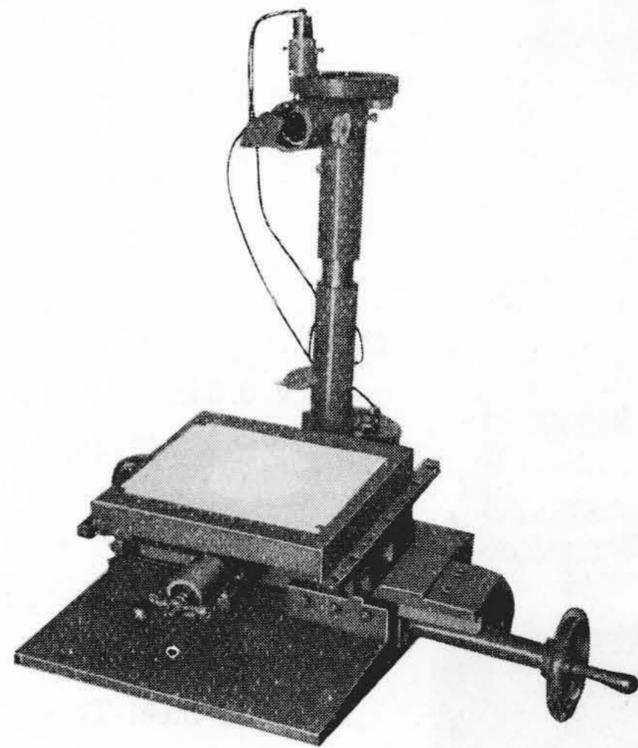
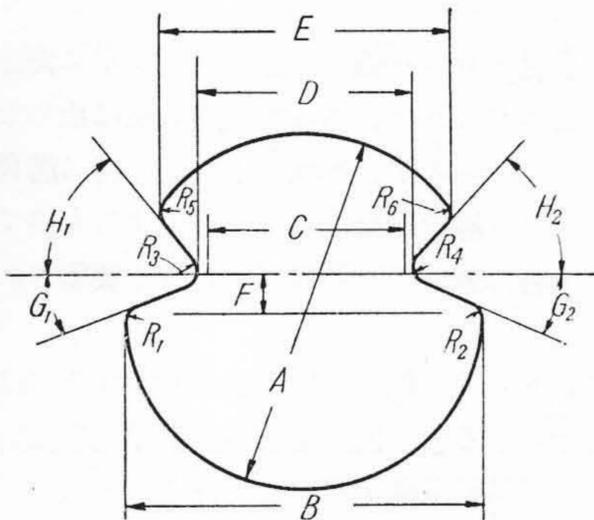
第 22 表 110 mm² 溝 付 ト ロ リ ー 線 断 面 寸 法 測 定 値

Table 22. Measurement of Sectional Dimensions of 110 sq. mm. Grooved Trolley Wires

記号	A	B	C	D	E	F	G ₁	G ₂	H ₁	H ₂	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
規格 値	12.22	12.10	6.85	2.13	9.56	1.7	27°	27°	51°	51°	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
	~ 12.46	~ 12.58		~ 7.41	~ 9.94											
試料 番号																
1*	12.32	12.37	7.00	7.36	9.75	1.63	27°	27°	52°	52.5°	0.39	0.39	0.36	0.39	0.37	0.37
2*	12.32	12.29	6.90	7.33	9.86	1.65	28°	26°	50.5°	51.5°	0.38	0.39	0.39	0.40	0.36	0.36
3**	12.30	12.34	6.82	7.30	9.90	1.55	26.5°	29°	53°	54.5°	0.40	0.50	0.25	0.32	0.40	0.43

註 * : 最近製作したもの、 ** : 以前製作したもの。

第 22 表 (附図) 各部の記号

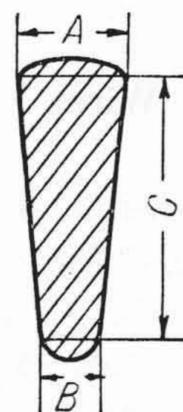


第 39 図 電車線断面及び同用ダイス拡大投影測定装置

Fig. 39. Projecting and Measuring Apparatus for Trolley Wire Section and Die

ため導電率、硬度、寸法等の点に於て極めて高品位のもので、生産量も国内全需要量の約 70% を占めている。

又最近の新しい問題として、銀入り整流子片が大きく取上げられるようになり、日立はこの方面の検討も行っている。銀入り整流子片は機械的、電氣的性能に優れ特に機械的強度が大きく、高温度下に於てその性能が安定していることが特徴とされているところから、高速高温度の下で使用される大型電気機器の整流環には好適のものである。この問題に就いては更に稿を改めて発表し度いと思うが最近製作した整流子片の性能の一例を示すと次の通りである。



1. 純銅整流子片

試料寸法(mm) A/B×C

8.688/7.263×68

導電率 (%) 99.2

硬度(シヨア-度) 22

2. 銀入整流子片

試料寸法(mm) A/B×C

5.263.948×72

導電率 (%) 97.5

硬度(シヨア-度) 23