

各種局内ケーブルの諸特性

Several Characteristics of Various Switchboard Cables

庄 司 一 男* 鈴木 敏 雄*

内 容 梗 概

局内ケーブルは電話局舎内の配線に多量に使用されているが、従来の局内ケーブルは絹、綿糸などの繊維質絶縁材料を使用しているため、耐湿、耐火および防塵の点で好ましくなかつた。

日立電線においては安価で良好な特性の局内ケーブルをうるために、諸種の構造について試作検討してきた。その結果心線上にビニルおよびナイロンを使用したいわゆるビニルナイロンジャケット局内ケーブルが最良の型式と考えられ、日本電信電話公社の商用試験用として各線種のを大量に製造納入した。

本論文では各種局内ケーブルのコアーならびにケーブルの諸特性および二、三の問題点の考察結果を紹介する。

〔I〕 緒 言

局内ケーブルにはその用途により電話局内、市外回線用音声局内および搬送局内ケーブルの3種別があるが、今回は電話局内ケーブル(以下単に局内ケーブルという)について考察する。

わが国の局内ケーブルはエナメル銅線上に絹糸および綿糸を巻きパラフィンを含浸したものを線心とし、外装には綿糸編組に灰色塗料を施したものを使用している。しかし、この構造のものは加工度と材料の関係上比較的高価になり、繊維質のものが多いため長年月の間にその吸湿により絶縁抵抗が低下し、また耐燃性および防塵上からも非常な欠点を持つていた⁽¹⁾⁽²⁾。

近時プラスチックのすぐれた諸特性を利用した、各種電線、ケーブルがさかんに使用されている。局内ケーブルにおいても絶縁体は従来の吸湿性の大きい繊維材料をビニル(塩化ビニル)にかえ、ケーブル外被は、従来の外気の浸透を完全に遮断できない綿糸編組構造のものを耐湿、耐燃および防塵性のよいビニル外被にかえられる傾向にある⁽³⁾⁽⁴⁾。

日立電線においては上述のような諸情勢に対応して、各種の特長をもつ局内ケーブルを試作し、それぞれの特長および問題点を調査検討してきたが、その経過および諸特性について述べる。

〔II〕 局内ケーブルの最近の動向

局内ケーブルは一般に短尺で使用され、使用周波数がひくいため、その伝送特性はあまり重要視されていない。しかし一般の通信ケーブルと異り、通信機器の配線はコアーを大気に曝して使用するため、絶縁抵抗の耐湿性および耐燃性が大きな問題である。また同時に機器への接続は複雑であり、誤接続防止のためコアー色別の明瞭なこと、ならびに価格の低廉なことが必要である。

* 日立電線株式会社電線工場

以上のような必要条件に応じて種々の型式の局内ケーブルが考案、実用化されているが、わが国においては一般に米国の1450型局内ケーブル⁽⁵⁾とほとんど同一構造のいわゆる含浸局内ケーブル⁽⁶⁾が使用されてきた。しかし含浸局内ケーブルのエナメル銅線を錫メッキ導体にかえ、パラフィン含浸を醋酸繊維素塗料にかえたCL型局内ケーブル⁽⁵⁾が米国において標準型として採用され、わが国でも同様な検討が行われた⁽⁷⁾。一方プラスチック絶縁物の進歩にともない、錫メッキ導体をビニルで絶縁し、外装もビニルを用いたビニル局内ケーブルも漸次採用される気運にある。

われわれも日本電信電話公社の御指導により局内ケーブルの構成について種々検討、改良してきた。その経過および構造上の動向を簡単に述べる。

(1) 導 体

従来は一般に0.65mmの導体を使用されたが、しだいに0.5mm導体を使用される傾向にある。また電話局舎内のケーブル収容力の増大のために、市内通信ケーブルと同様に局内ケーブルも細心多対化の傾向にあり、わが国では0.5mm 366心までが採用されている。

また局内ケーブルのエナメル銅線は機器端子への半田付けの際エナメル皮膜をはがす繁雑さがあるため、工事の容易な錫メッキ銅線が考えられ、さらに最近皮膜をはがすことなく半田付け可能なポリウレタンエナメル線⁽⁸⁾の利用も考えられわれわれは吟味した。

(2) コアー絶縁

上述の通り含浸局内ケーブルおよび醋酸繊維素塗布の局内ケーブルが考えられてきたが、最近ではビニルが使用される傾向にある。しかしビニルだけでは機械的強度の点で問題があり、また半田付けの際の高熱ためビニル絶縁体が脆化する欠点を防ぐため、ビニル絶縁上に色別綿糸を横巻しビニル系塗料を塗布した通信機器配線用バンク線⁽⁹⁾と同一構造のコアーの採用も考慮された。

他方、コアーの機械的強度の向上を考慮して、ビニル

絶縁上にナイロン⁽¹⁰⁾被覆を施した、いわゆるビニルナイロン局内ケーブルが米国において実用化され⁽¹¹⁾、わが国でも種々検討された結果、日本電信電話公社で大量に商用試験用に採用されるまでに至った。

(3) コアの色別

コアの最外層に綿糸を用いた局内ケーブルでは綿糸で色別されており、一般的に青、橙、緑、鳶、鼠、白、赤、および黒の各色が使用されている⁽⁶⁾。ビニルを絶縁として使用するときには塗料による着色が可能であり、一般にスパイラルマーキングが採用されている。しかしスパイラルマーキングの場合は着色のための工数が増加することゝ、後述するように表面漏洩抵抗の問題から、ビニル押出と同時に色別を施す直線状マーキングが考案され、日本電信電話公社のビニルナイロン局内ケーブルの一部採用されている。一方コア色別の容易さの点から、コア全体に着色したいわゆる全色マーキング方式の採用も考慮され、局内ケーブルの色別は現在変換期にあるといえる。

(4) 外装

含浸局内ケーブルでは綿糸編組上に灰色塗料を塗布していたが、完全気密でないためケーブルが吸湿することおよび局内機器の防塵上ケーブルの構造がよくないなどの欠点があるので、米国の CL 型局内ケーブルの一部にビニル外被が採用されていた。わが国でも鉛被を採用するなど⁽¹²⁾外部被覆の改良を考慮してきたが、吸湿吸塵の少ないビニル外被が今後全般的に採用される傾向にあるといえる。

〔III〕 各種試作局内ケーブルの特性

日立電線 で試作した各種局内ケーブルの問題点につき、特性を調査検討した結果をつぎに示す。

(1) 種別および絶縁構造

局内ケーブルの諸特性を検討するため、対象として取上げた試料は第 1 表および第 1 図に示すものである。

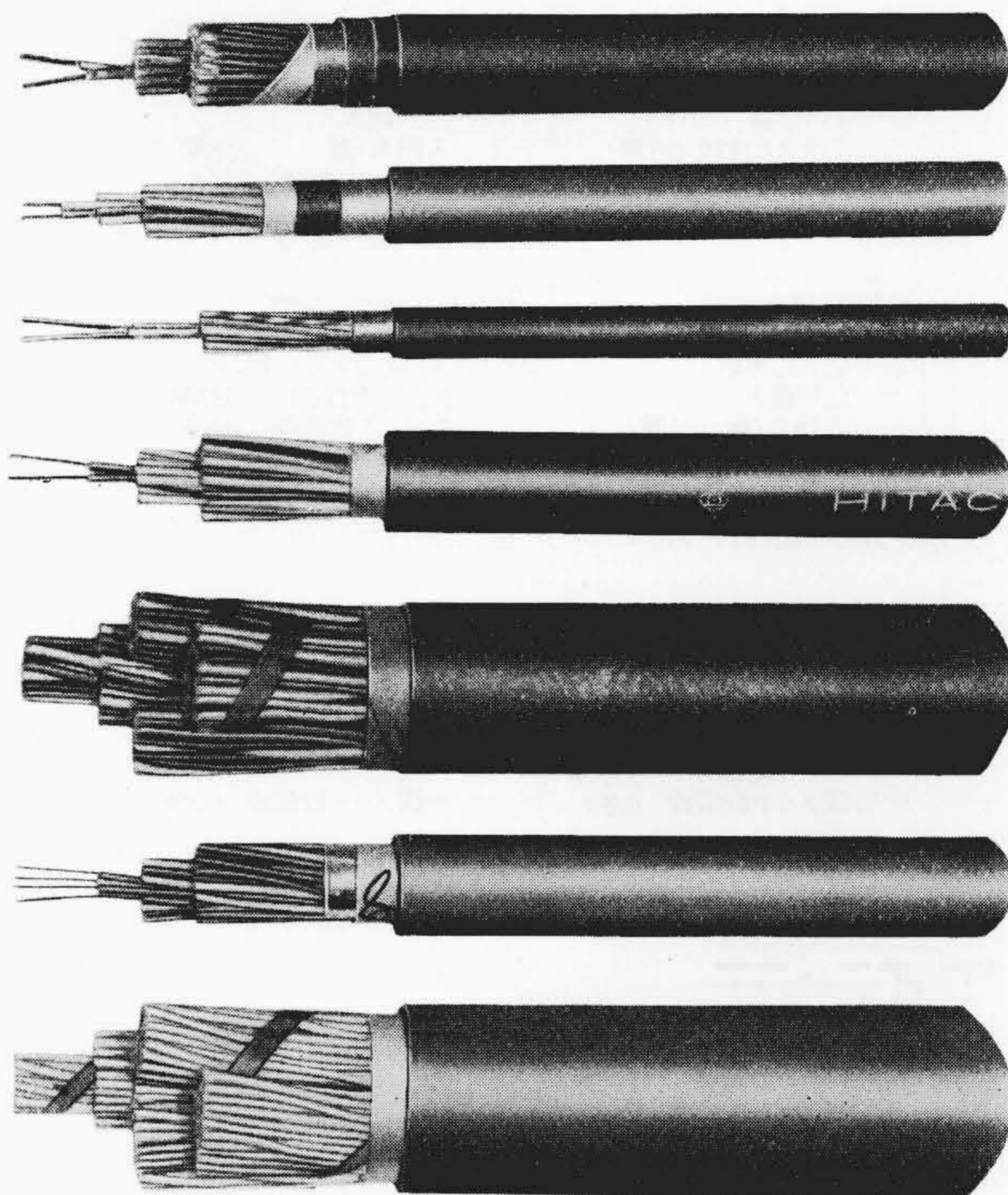
つぎに上記試料のコアの絶縁方式を示すと第 2 図の通りであり、エナメル銅線に繊維質絶縁材料を使用したものと、錫メッキ銅線にプラスチック絶縁材料を被覆したものとに大別できる。

(2) コアの諸特性

(A) コアの一般特性

コアの必要な特性としては絶縁層が均一であり、加熱または冷却の繰返しが行われても劣化しないこと、耐湿、耐老化性および耐焰性のあることがのぞましい。

(i) ピンホール試験



第 1 図 供試ケーブルの外観
Fig. 1. Outside View of Tested Cables

各種試作局内ケーブルの完成品から長さ 1 m のコアを 5 本づゝとり、水中に 1 時間浸漬した後 D.C. 500 V を 1 分間印加し、ピンホールの有無を試験したが、なんらの異常を認めなかつた。

(ii) 耐燃試験

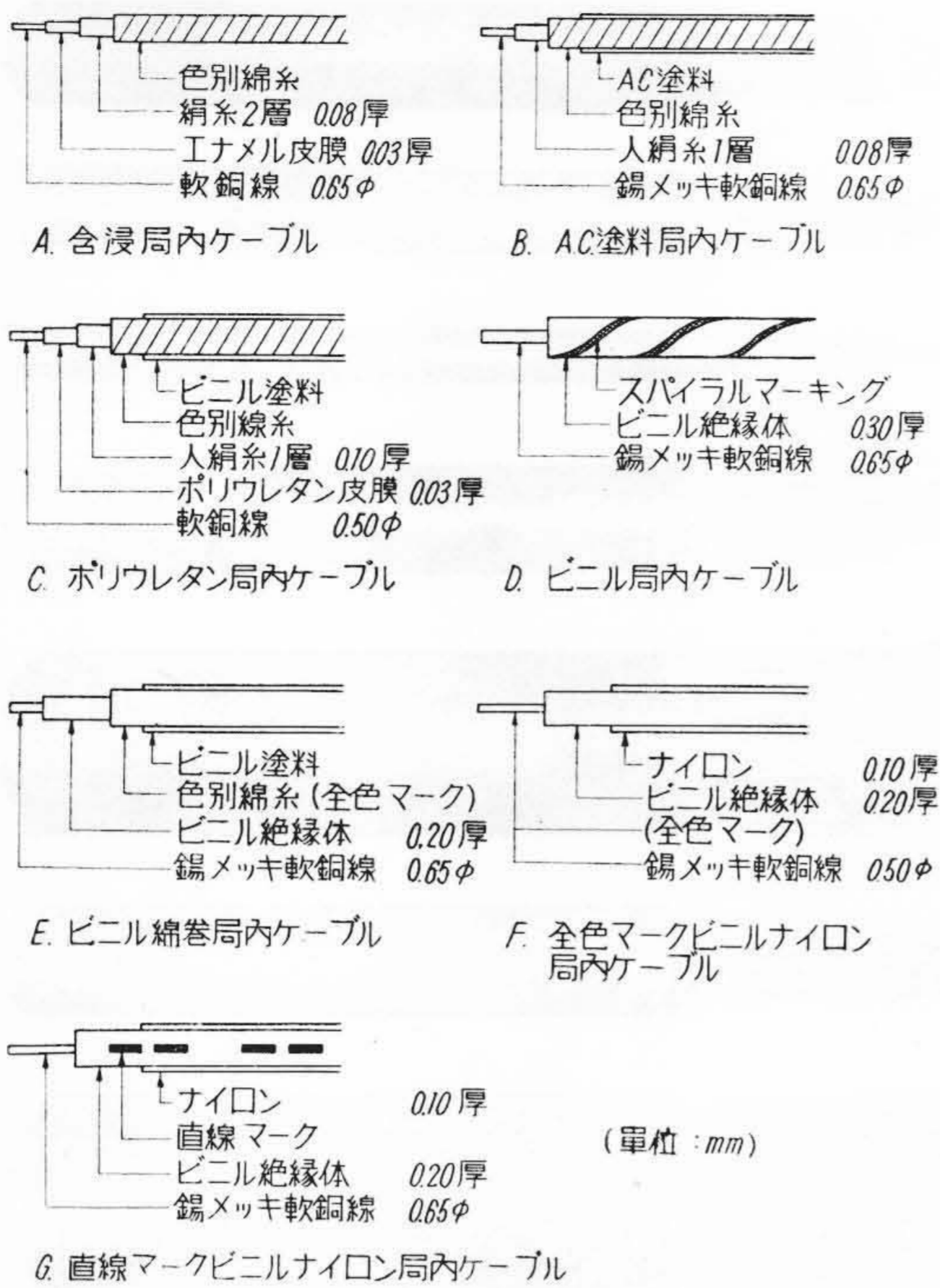
適当な長さのコアをアルコールランプの焰中で十分燃焼させ、焰中から取出して延焼するかいなかを試験した。繊維質絶縁材料を使用したコアは容易に延焼するが、ビニル絶縁のコアは延焼せずただちに滅火した。

(iii) ビニル絶縁体の加熱老化試験

完成品コアからとつたビニル絶縁体の機械的強度は日本電信電話公社規格⁽¹³⁾によると、常温時の引張り強さ 0.9 kg/mm² 以上、伸び 80% 以上、また 100 ± 2°C で連続 72 時間加熱老化後の変化率は引張り強さ ± 30% 以内、伸び ± 40% 以内であるが、良好な成績で合格している。

(iv) 心線の耐屈曲性

局内ケーブルを配線または端子付けを行う場合の屈曲により心線が脆化することを考慮して、日本電信電話公社規格⁽¹³⁾に耐屈曲性の規定があり、心線径の 2 倍径で 90 度折り曲げした場合を 1 回としたとき 0.5 mm 錫メッキ線では切断までの屈曲回数 30 回以上、0.65 mm



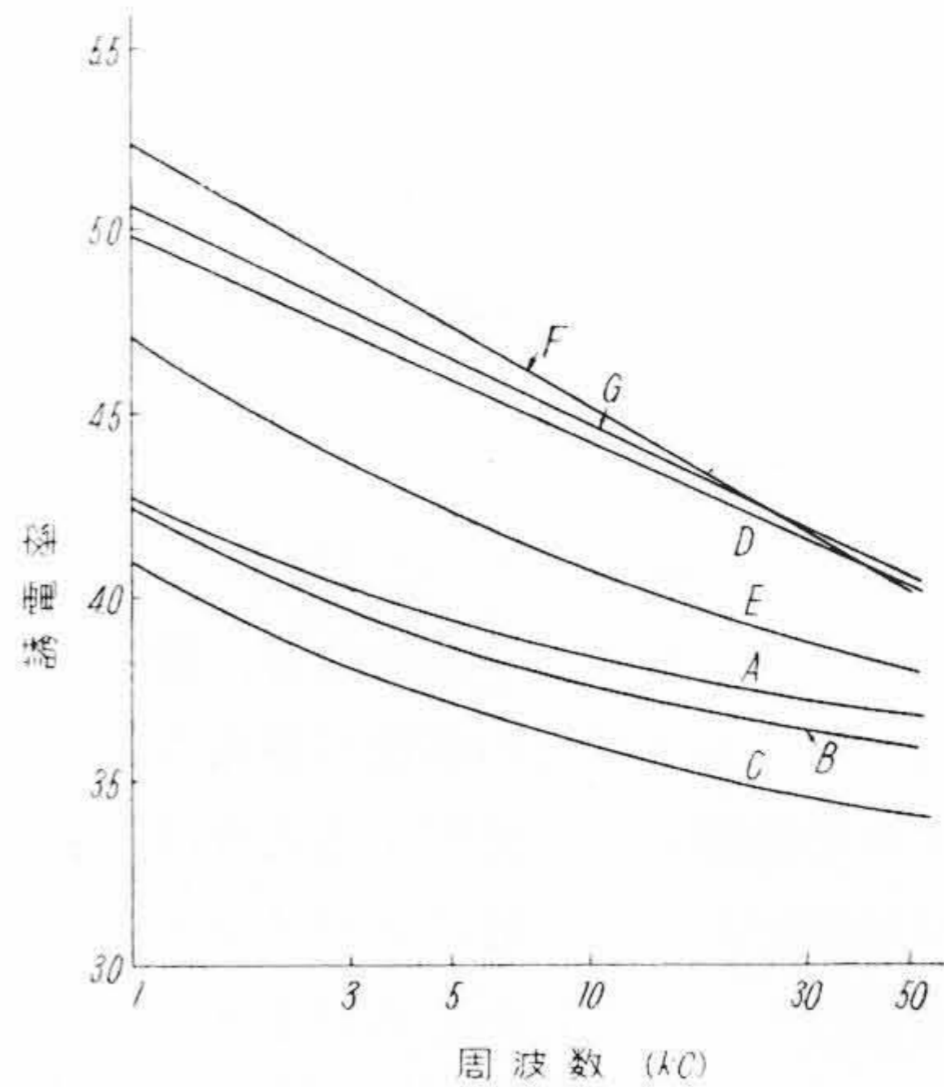
第2図 各種局内ケーブルコアの絶縁構造
Fig. 2. Insulation Structure of Various Switchboard Cable Cores

錫メッキ線では40回以上となつては十分に適合している。

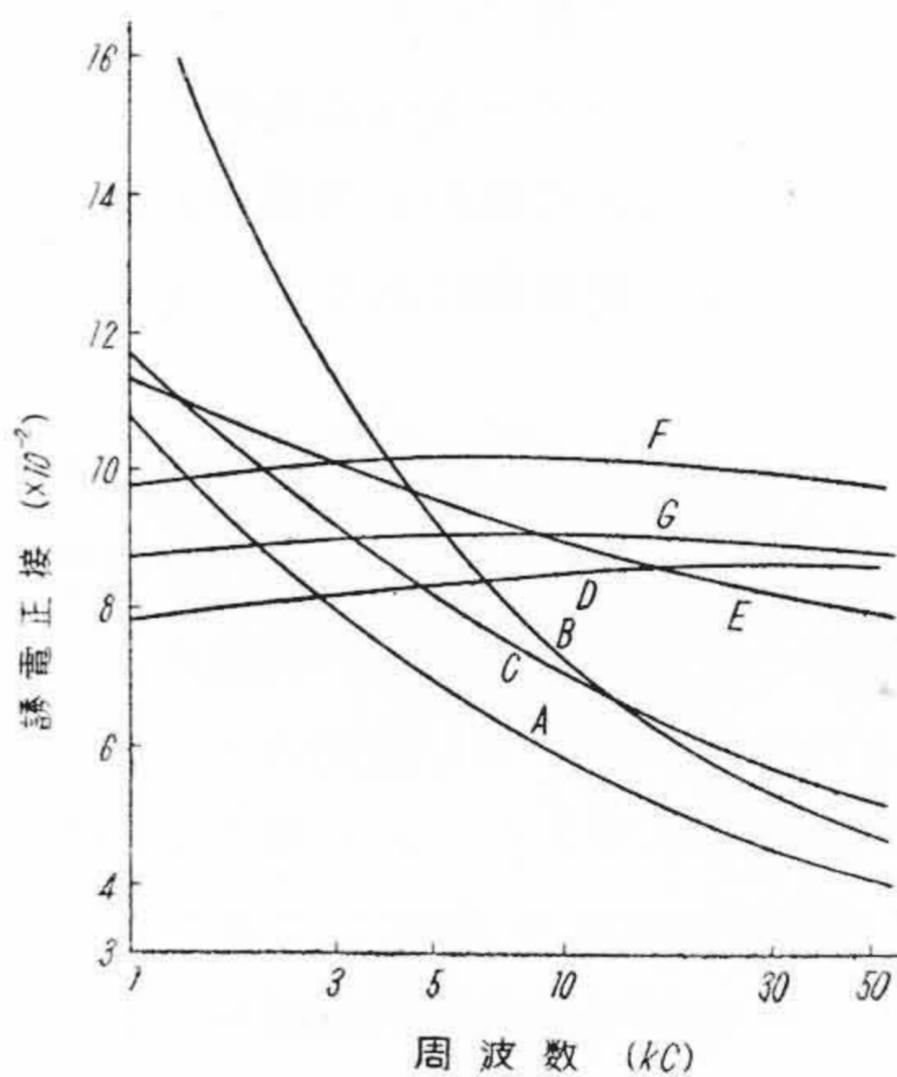
(B) コア電的電気的特性

(i) 誘電率および誘電正接

通信ケーブルの伝送特性を決定する最大の要因は使用絶縁体の誘電率および誘電正接にある。局内ケーブルでは伝送特性はあまり重視されていないが、使用材料の良否を見るため水銀中で測定した各コアの誘電率、誘電正接の周波数特性を第3図、第4図に示す。誘電率はプラスチック充実型コアの方が大きく、繊維質絶縁体コアでは比較的小さい。また誘電正接は1kc程度のひくい周波数においては、ビニル絶縁体の方がひくい値であるが、5kc以上の高い周波数では逆に繊維質絶縁体の方がひくくなる。ケーブルとしては誘電正接のひくいことがのぞましいが、搬送局内ケーブルのように高い周波数で使用される場合は非吸湿性繊維材料、またはポリエチレ



第3図 各種局内ケーブルコアの誘電率
Fig. 3. Dielectric Constant of Various Switch Board Cable Cores



第4図 各種局内ケーブルコアの誘電正接
Fig. 4. Dielectric Power Factor of Various Switchboard Cable Cores

ンなどを使用することが好ましい。

(ii) 絶縁抵抗および絶縁耐力

実用上もつとも重要な問題は絶縁抵抗である。各種

第1表 各種試作局内ケーブル
Table 1. Various Switchboard Cables Tested

記号	品名	略称	外装材料
A	0.65 mm 33心 含浸局内ケーブル	含浸局内ケーブル	綿糸編組, 塗料
B	0.65 mm 22心 A.C.塗料局内ケーブル	A.C.塗料局内ケーブル	ビニルシース
C	0.5 mm 12心 ポリウレタン局内ケーブル	ポリウレタン局内ケーブル	ナイロン編組, 塗料
D	0.65 mm 42心 ビニル局内ケーブル	ビニル局内ケーブル	ビニルシース
E	0.65 mm 204心 ビニル綿巻局内ケーブル	ビニル綿巻局内ケーブル	ナイロン編組, 塗料
F	0.5mm 63心 ビニルナイロン局内ケーブル	全色マーク ビニルナイロン局内ケーブル	ビニルシース
G	0.65mm204心ビニルナイロン局内ケーブル	直線マーク ビニルナイロン局内ケーブル	ビニルシース

各種局内ケーブルの諸特性

コアを約2時間乾燥した後、20°Cの水銀中で絶縁抵抗を測定した結果を第2表に示す。

また局内ケーブルに直接高電圧が印加される危険はあまりないが、各種コアの水銀中での交流50c/sによる絶縁破壊電圧を測定した結果を第2表に併記する。

(iii) 表面漏洩抵抗

局内ケーブルは一般にコアを外気に曝した状態で使用するので、湿度の多い季節にはコア表面に付着した塵埃などが吸湿し、表面漏洩抵抗が低下し、そのために配線の絶縁抵抗を低下し、通話障害を起すことが懸念される。したがって日本電信電話公社では局内ケーブルコアの表面漏洩抵抗値を規格化している⁽¹³⁾。

測定回路は第5図に示す通り心線を接地しているので、純粹に表面漏洩抵抗を測定するのではなく、表面

漏洩抵抗と体積抵抗との複合値を測定することになっている。規格は温度30°C、相対湿度85%以上の恒温恒湿槽内に試料を1時間以上放置したのち、D.C. 500V直偏法により測定したとき1,000 MΩ以上であることになっている。

各種局内ケーブルコアについて測定した結果は第2表の通りである。

測定結果をみるとビニル絶縁の場合がもつともよく、ナイロン被覆は吸湿のため少しひくくなり、繊維質絶縁体の場合が一番ひくい。

(3) ケーブルの諸特性

(A) 一般的特性

ケーブルの機械的特性は外装後に行われ、巻付け、耐燃性試験を全試料について行つたが全く問題がない。また外装がビニルの場合は加熱変形変形する心配がある⁽²⁾

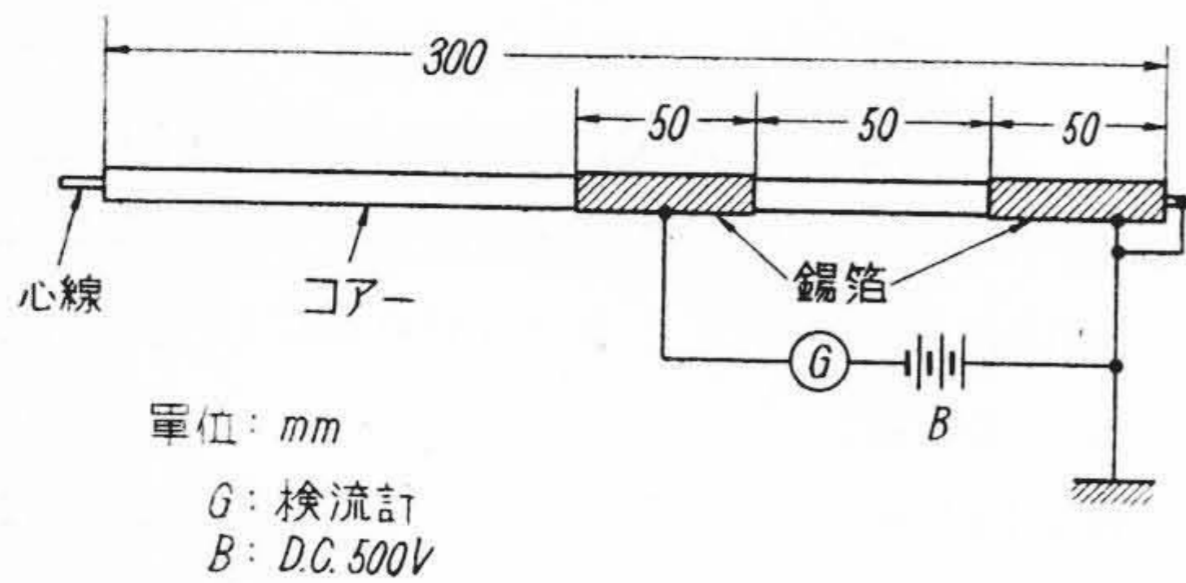
第2表 各種局内ケーブルコアの電気的特性
Table 2. Electrical Characteristics of Various Cores

供試ケーブル 種別		A	B	C	D	E	F	G
		含浸局内ケーブル	A.C塗料局内ケーブル	ポリウレタン局内ケーブル	ビニル局内ケーブル	ビニル綿巻局内ケーブル	全色マークビニルナイロン局内ケーブル	直線マークビニルナイロン局内ケーブル
絶縁抵抗 (MΩ/km, 20°C)	最大	1,500	1,200	650	410	120	1,580	1,280
	最小	850	720	210	320	90	1,120	1,150
	平均	1,100	940	450	360	100	1,360	1,220
絶縁破壊電圧 (V)	最大	7,200	1,200	3,800	12,800	11,400	15,600	14,800
	最小	6,000	820	3,200	11,600	7,200	13,200	12,800
	平均	6,500	1,010	3,500	12,400	9,900	14,600	14,000
表面漏洩抵抗 (MΩ)	規格	—	—	—	—	—	—	1時間後 1,000以上
	1時間後	10,500	1,300	1,600	800,000	1,100	520,000	580,000
	3時間後	10,400	1,200	1,500	800,000	950	520,000	580,000
	6時間後	10,300	1,000	1,300	720,000	720	500,000	570,000

- (註) (i) 測定値はいずれも5本づゝ測定した結果である。
 (ii) 絶縁抵抗は D.C. 500V 直偏法により測定した。
 (iii) 絶縁破壊電圧は A.C. 50 c/s の実効値を示す。
 (iv) 表面漏洩抵抗は温度 30°C、相対湿度 85%以上の状態における測定結果である。

第3表 各種局内ケーブルの電気的特性
Table 3. Electrical Characteristics of Various Switchboard Cables

供試ケーブル 種別		A	B	C	D	E	F	G
		含浸局内ケーブル	A.C塗料局内ケーブル	ポリウレタン局内ケーブル	ビニル局内ケーブル	ビニル綿巻局内ケーブル	全色マークビニルナイロン局内ケーブル	直線マークビニルナイロン局内ケーブル
絶縁抵抗 (MΩ/km, 20°C)	規格	電電公社 150以上	—	—	JCS 225号 20以上	—	—	電電公社 100以上
	最大	2,400	2,700	510	980	65	820	1,300
	最小	2,000	1,900	230	820	30	700	980
	平均	2,300	2,300	420	870	50	770	1,100
静電容量 (mμF/km, 1kc)	最大	125	67	132	112	266	115	77
	最小	103	59	125	104	213	102	69
	平均	115	61	128	109	245	109	72



第5図 表面漏洩抵抗測定回路
Fig. 5. Test Circuit of Surface Leakage Resistance

ので耐圧着性試験を、また低温脆化に対して耐寒性試験が規定されている⁽¹³⁾がいずれも問題なく合格している。

(B) 電気的特性

(i) 絶縁抵抗

供試ケーブルの完成品について絶縁抵抗を測定した結果を第3表に示すが、全試料とも規格には問題なく合格している。

また絶縁抵抗の温度による変化はできるだけ小さいことがのぞましいが、コアの絶縁材料に繊維質を使用したものに比べてビニルを使用したものは温度変化による絶縁抵抗の変化が比較的大きい。温度換算係数の規格に定められた値および実測値を第6図に示す。

(ii) そのほかの伝送特性

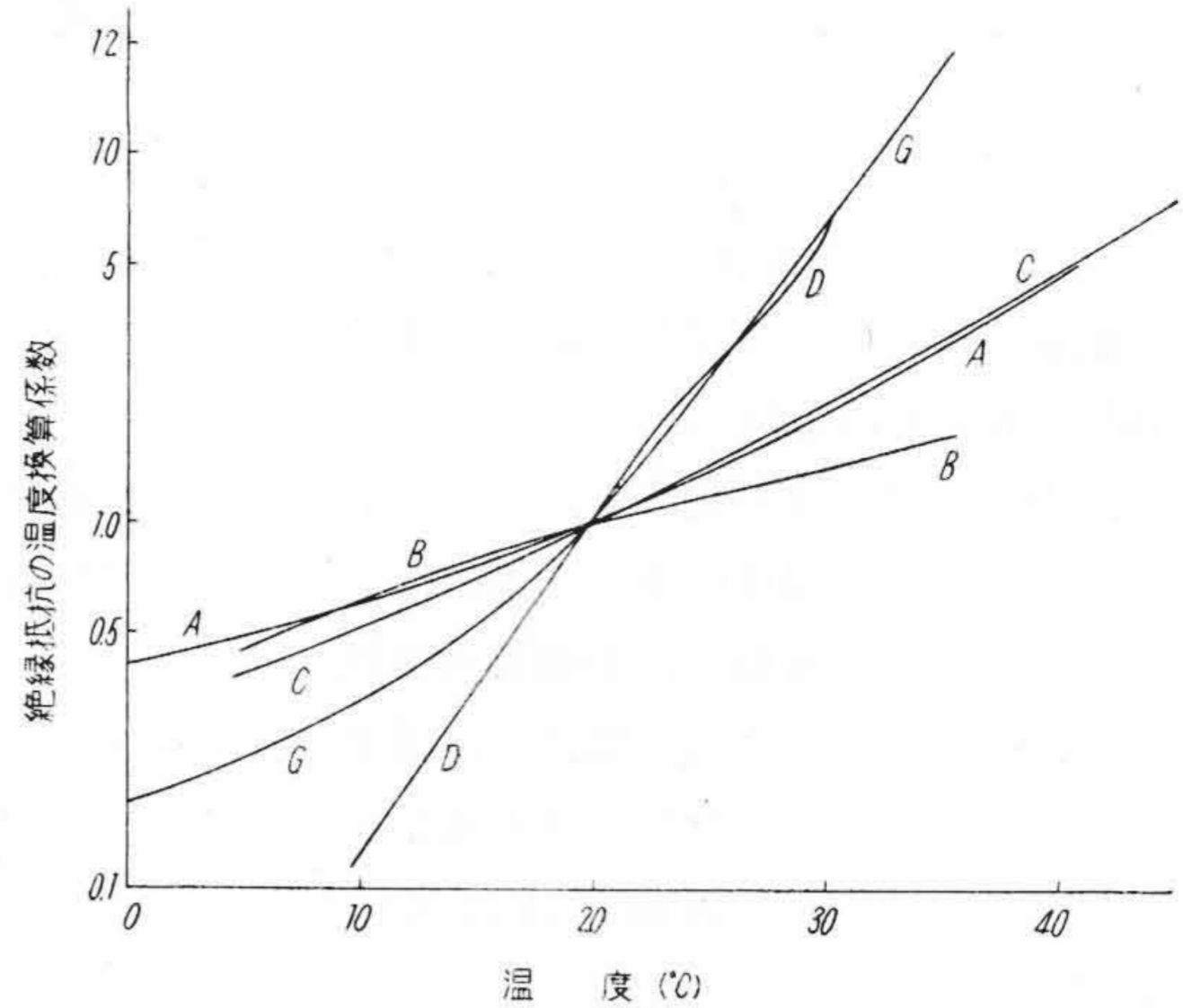
つぎに参考までに 1 kc における静電容量および 1 ~ 60 kc の二次定数を測定した結果を第3表および第7図に示す。減衰定数のいちじるしくことなるのは心線径が 0.5 mm と 0.65 mm でことなること、および静電容量が約 3 倍程度ことなることによるものである。

(4) 各種局内ケーブルの特性比較

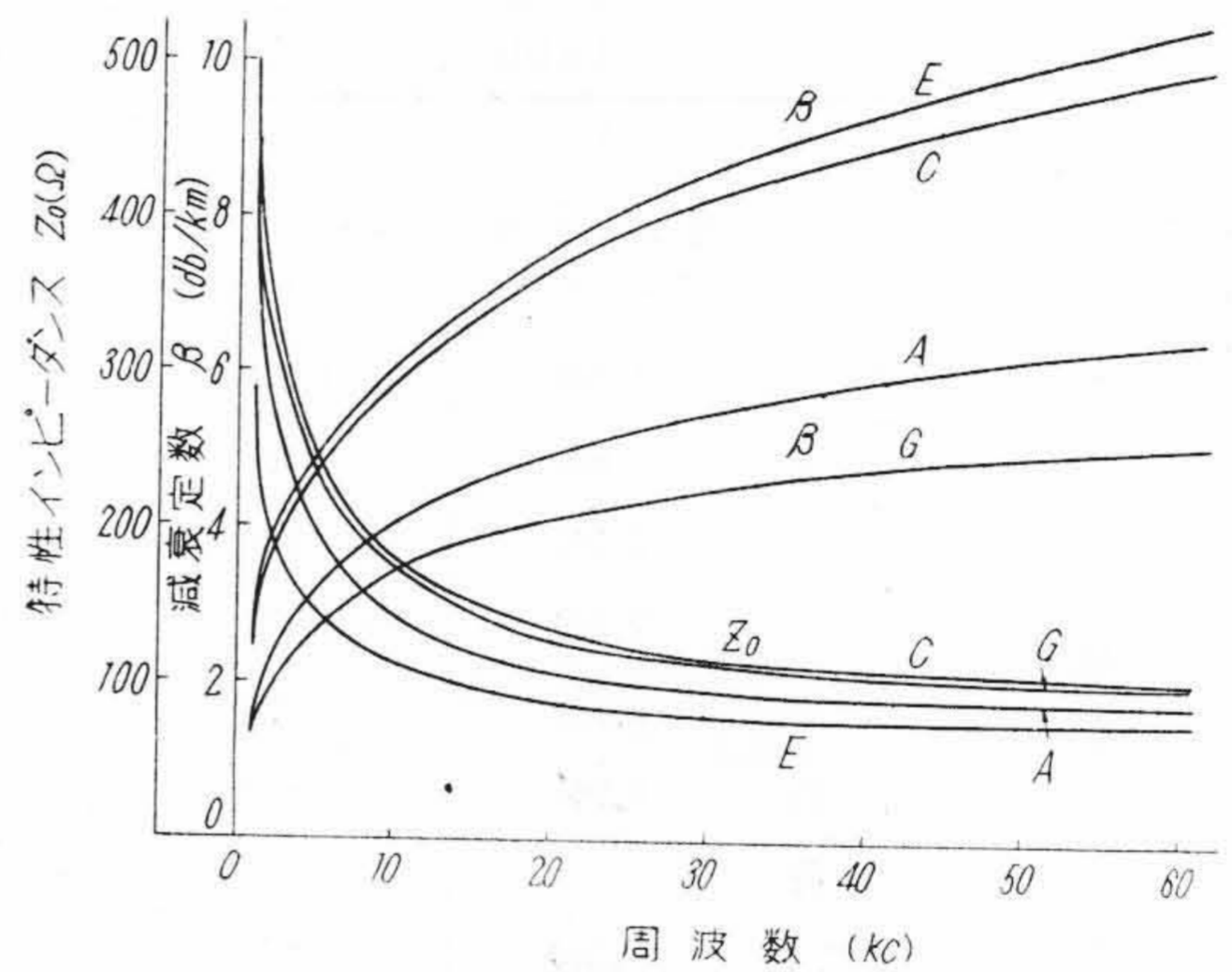
(A) 一般的特性の比較

以上各種局内ケーブルの諸特性について測定した結果を考察すると、繊維質絶縁材料を使用したケーブルは容易に燃焼することで防火上好ましくなく、また塵埃が附着しやすいため局内機器に故障を起しやすい欠点がある。ポリウレタンエナメル線を用いた局内ケーブルは端子付けが含浸局内ケーブルより有利であるが、そのほかの問題は解決しえない。

これに対しビニルを絶縁の主体とするケーブルでは、端子付けの際の高熱によりビニルが脆化すること、およびビニルが加熱変形により永久変形しやすい欠点があるが、防火、耐塵の点ではすぐれており高熱によるビニルの脆化も綿糸横巻またはナイロン被覆により防ぐことができる。またビニル絶縁とすることにより心線としてエナメル銅線を使用する必要がなく、半田付けの容易な錫メッキ銅線を使用しうる利点がある。



第6図 各種局内ケーブル絶縁抵抗の温度換算係数
Fig. 6. Temperature Coefficients of Insulation Resistance



第7図 各種局内ケーブル伝送定数周波数特性
Fig. 7. Frequency Characteristics of Transmission Constants

外装における従来の綿糸編組、鉛灰色塗料の構造は防湿性の点で好ましくなく、 $-30 \sim 60^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で支障なく使用できるビニルシースの採用がもつとも有利であると考えられる。

(B) 電気的特性の比較

コアの誘電率、誘電正接はある程度の空隙をもつ繊維質絶縁体の方が、ビニル絶縁の場合よりやや小さい値となることは予想された通りである。普通局内ケーブルはこの点は重大視されなく、特に高い周波数で使用する市外、および搬送局内ケーブルにのみ問題となるのであつて、かゝる場合には絶縁体に空隙部をもつ構造のものまたはポリエチレンを使用することが考えられている。

含浸局内ケーブルの絶縁抵抗は、完成直後の値はきわめて高いが長期間使用中の吸湿によりいちじるしく低下

する欠点があり、これに対しビニル絶縁の場合は絶縁抵抗の温度換算係数が大きく高温において絶縁抵抗の低下をきたすが、長期間の経過による劣化は繊維質材料の場合より少ない点で有利であろう。

コアの表面漏洩抵抗は第2表でわかるように、コア表面に繊維質材料を使用したものがもつともひくい。ビニルだけのものがもつとも高く、これにナイロン被覆をしたものはナイロンの吸湿により幾分低下するが、繊維質材料の場合よりはるかに高い値である。

コアの色別方法は接続工法上きわめて重要な問題であるが、工法の関係および作業性の点で未解決な問題があり、トレーサー方式の併用がすぐれていると考えられるが、さらに検討を要する問題であろう。

〔IV〕 結 言

以上各種局内ケーブルについて諸種の特性を調査、検討してきたが、これらを要約するとつぎの通りである。

(1) 従来の繊維質絶縁材料にかわり、耐湿、耐火および防塵の点ですぐれているビニルなどのプラスチック絶縁に移行し、外装も防塵の点でビニルシースにする方がすぐれている。

(2) ビニル絶縁体が高熱に曝らされた場合の脆化および加熱変形などの機械的強度上の欠点も、ビニル絶縁体上にナイロンを被覆することにより防ぐことができる。

(3) コアの表面漏洩抵抗はプラスチック絶縁体を使用することにより、繊維質材料の場合よりいちじるしく良好なものになる。

(4) コアの色別は色別綿糸、スパイラルマーキング、直線マーキングおよび全色マーキングが実用されているが、トレーサー方式の併用がもつとも合理的と考えられる。しかしながら、工法の関係などの問題もあり現

在のところ未解決である。

(5) 高周波における伝送特性は、ビニル絶縁体よりも繊維質材料の方がわづかに良好である。また高度の伝送特性を要求する局内ケーブルでは、ポリエチレン絶縁体を使用することがのぞましいが、普通局内ケーブルでは実用上の点で機械的、熱的に強い構造とすることがより重要であると考ええる。

(6) 局内ケーブルは最近大きな変換期にあり、電気的特性が安定していること、耐燃性がよいこと、コア外径が細いこと、価格の安いことなど各種の要求が増加しており、そのために種々合理化がはかられており、将来は本報に示した構造のものにとどまらないで発展をきたすであろうと考えている。

終りに本研究に終始御指導いただいた日本電信電話公社の関係者各位に深甚なる謝意を表するとともに、御鞭撻をいただいた日立電線株式会社電線部斎藤氏ならびに電線工場関係者各位特に直接御指導いただいた間瀬課長に厚く御礼申し上げるしだいである。

参 考 文 献

- (1) 竹内, 沼田: 電試彙報 2 820 (昭 13-12)
- (2) 朴木, 竹村, 木下: 施設 8 89 (昭 31-4)
- (3) 朴木, 石川, 北川: 電気 3 学会連合大会予稿726 (昭 31-4)
- (4) 朴木: 信学誌 39 55 (昭 31-1)
- (5) 電電公社調査課: 伝送資料第25輯58 (昭 23-8)
- (6) 電電公社: 仕 1124 号 3 版 (昭 29-11)
- (7) 貞清, 塚本, 山路: 電試彙報 2 645 (昭 13-10)
- (8) 間瀬, 萩野, 植木: 日立評論 38 (昭 31-8)
- (9) 電電公社: 仕 1423 号 2 版 1 (1954-11)
- (10) E.K. Bolton: Ind. Engg. Chem., 34 53 (1942)
- (11) Bakelite Company: Kabelitem 66 9 (1953-8)
- (12) 高橋: 電試彙報 6 40 (昭 17-9)
- (13) 電電公社: 特仕 2225 号 (1955-10)

Vol. 38

日 立 評 論

No. 10

目 次

- ◎日立電気式水車調相機の現地試験
- ◎逆転式熱間圧延機電気設備の自動制御
- ◎日立 800 mm ホブ盤について
- ◎油冷式多翼型回転圧縮機について
- ◎日立 GSA-6 型戸ジメ機械について
- ◎車輛における点熔接の活用
- ◎ストロージャスイッチの改良 (その 2)

- ◎送信用真空管静特性直視測定装置
- ◎酸化物陰極のスパーク発生機構について
- ◎伸線用 WC ダイスの放電加工
- ◎フェノールノボラックの加熱量特性
- ◎12% Cr 系耐熱鋼の熱処理硬度および高温機械的性質におよぼす W, V, Ti および Mo+V+Nb の影響
- ◎低合金鋳物鋼の研究 (第 2 報)

誌代 1 カ月 ¥ 100 (〒12)
東京都千代田区丸の内 1 ノ 4 (新丸ビル 7 階)

日 立 評 論 社