

## 22. 電線・ケーブル・伸銅品



昭和40年度は民間設備投資の低調化に伴い、電線、ケーブルの需要は低下の傾向を示した。また、輸出面においても海外銅市況の不安定さも手伝って数量的には増加を果し得なかった。しかしながら技術的には日立電線株式会社の技術水準がようやく海外市場にも認められ、世界的にも最高水準の製品、日立電線独得の製品を数多く輸出することができた。

かねて合理化計画の一環として整備中であった土浦工場では、連続鋳造設備、銅条製造設備などの完成により生産態勢の完成をみた。これにより多方面に需要をもつ無酸素銅製品の量産が可能となり、業界の要望にこたえることができた。

電力ケーブル部門においては東京、大阪などの大都市内地下送電網に課せられる負荷容量がますます大きくなり、ケーブルに対する大サイズ導体の要求が多かった。関西電力株式会社神戸元町支線77 kV 1,500 mm<sup>2</sup>、堺港発電所～長曾根線154 kV 1,500 mm<sup>2</sup> OFケーブルなどがそれである。この種大サイズケーブルとしては昭和35年伊丹変電所構内用77 kV 1,200 mm<sup>2</sup> 分割導体 OFケーブルを納入して以来、ステンレスバインダテープの適用、特殊絶縁紙の適用など日立電線独自の開発になる構造が分割導体 OFケーブルの国内的標準となりつつある。すでに154 kV 2,000 mm<sup>2</sup> という超大サイズケーブルの試作にも成功し、業界の要請にこたえうる態勢にある。

東京電力株式会社では都内に275 kVの導入を計画しているが、この計画の一環として275 kV 1,200 mm<sup>2</sup> アルミ被 OFケーブルを製造し、実規模の引入れ実験、模擬地絡実験を主体に一連の実験を行なった。とくに本ケーブルには低損失絶縁紙、強力紙の使用により絶縁厚さを従来品の90%としたこと、アルミ被を超高圧ケーブルに初めて採用したことなど新しい技術を採用している。また布設作業においてはトレーラ上にドラムを設置して3条を一括布設する



図1 140 kV 1×2,000 mm<sup>2</sup> OFケーブル

方式、マンホール口にケーブルガイドを設けるなど新しい布設工法を適用し、この種超高圧大サイズケーブルの製造、工事技術を確立し得たことは特筆に値するといえよう。

輸出面ではアメリカ、ロサンゼルス市電気局に230 kV オイロスティックケーブル約35 kmを一年にわたり納入し、すでに工事も終わり運転にはいっているほか、シンガポール市電気局、マレーシア電気局などへ66 kV および33 kV OFケーブルをそれぞれ引き続いて納入した。前者はアメリカにおいてもつい最近までは最高電圧のケーブルであったわけであり、超高圧分野における日立電線の技術が世界的にも認められた成果の一つであろう。



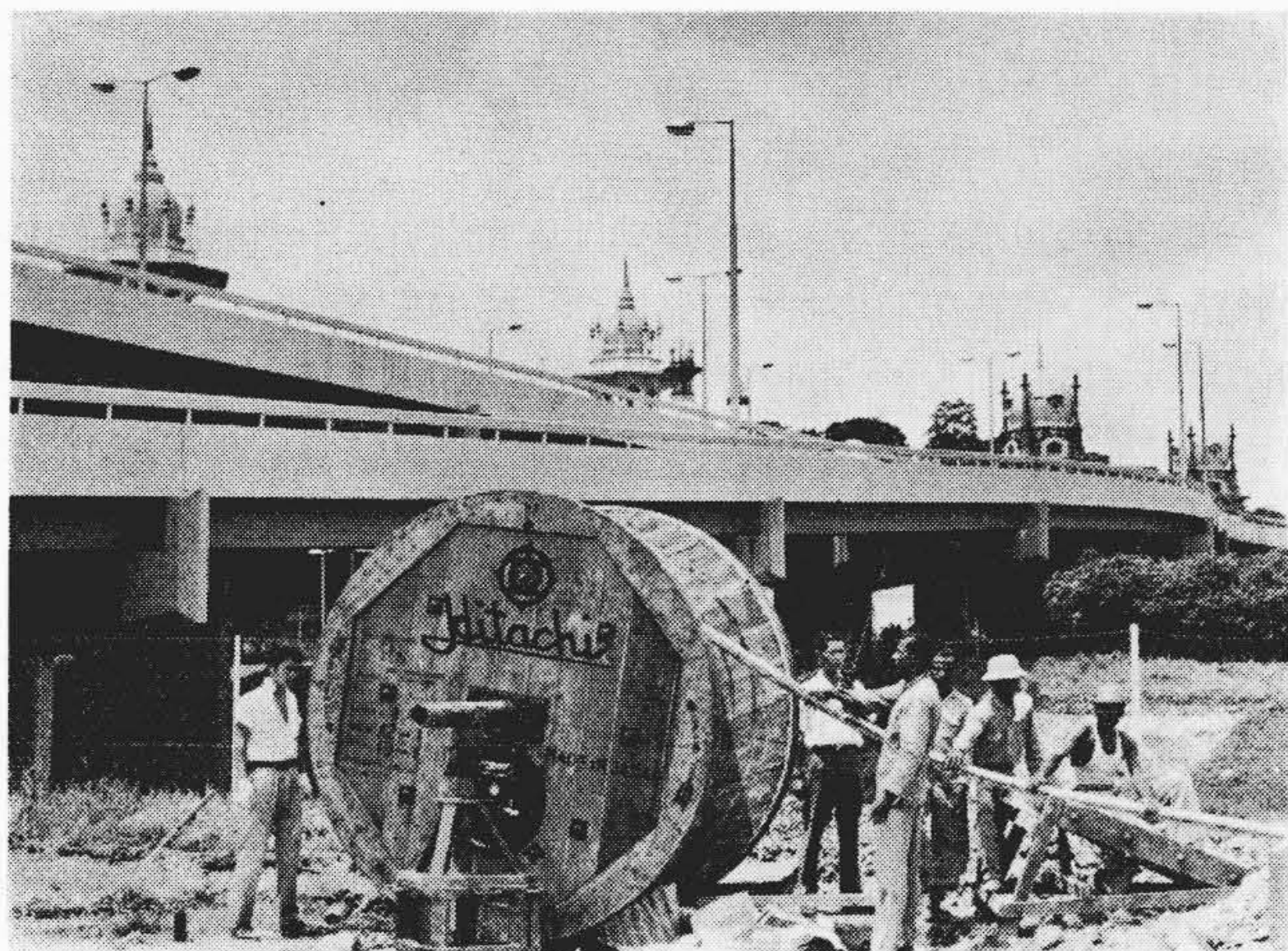


図2 海外におけるOFケーブルの布設状況

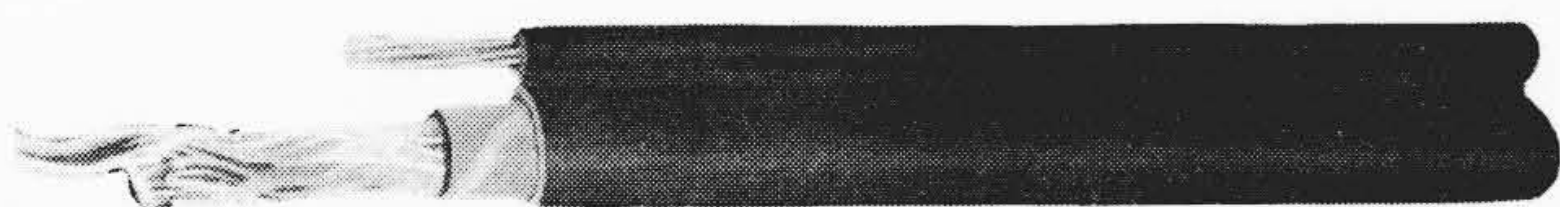


図3 たるみ付市内 CCP ケーブル

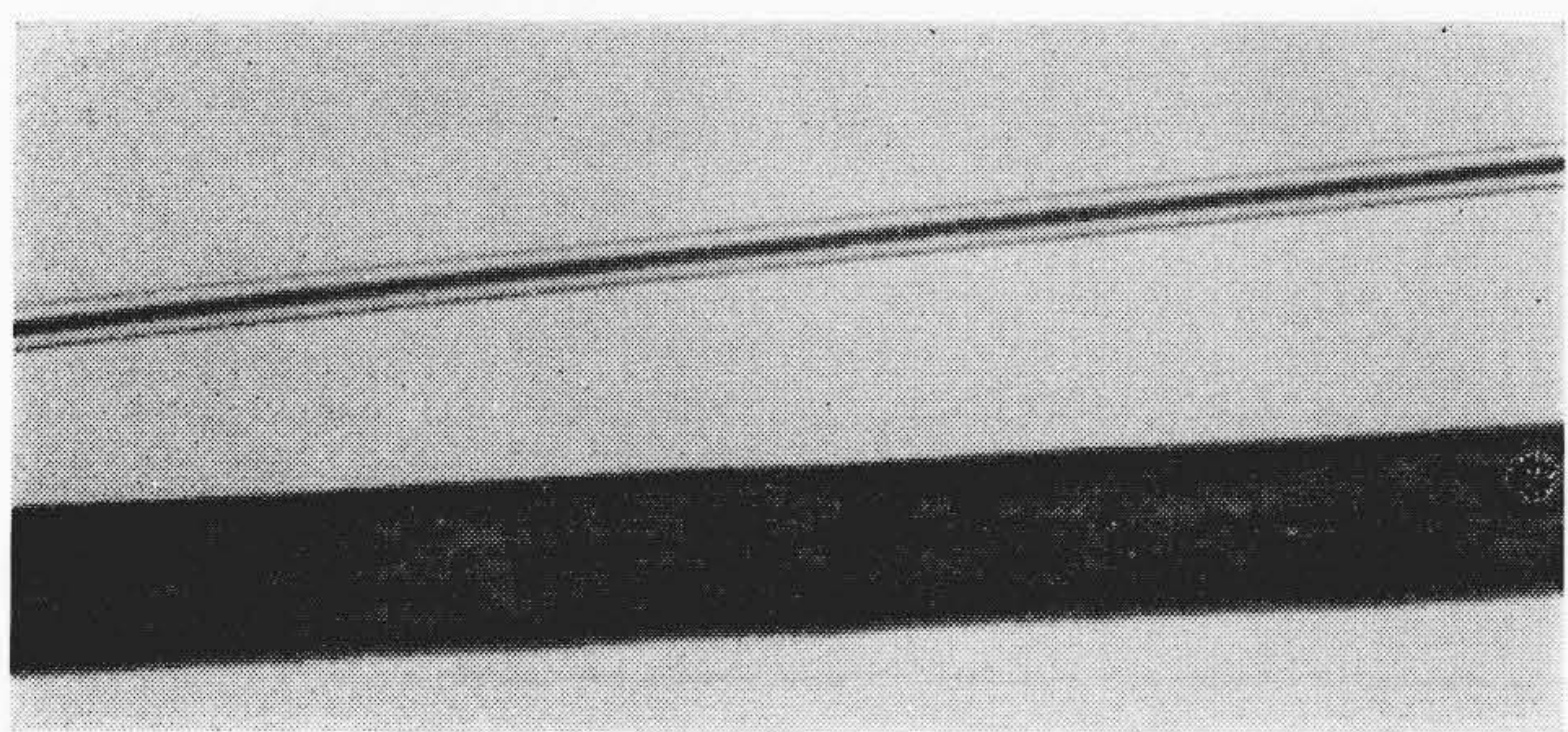
通信ケーブル部門では、フランス SAT 社との相互技術提携によるバロン形高周波同軸ケーブルの製造設備が完成して量産に移るとともに、その伝送特性の優秀性がみとめられつつある。すでに各需要家からの受注を得ているが、今後における使用分野の拡大が大いに期待されている。

市内ケーブルのプラスチック化の要求に伴って、工事の経済化をねらった新構造のたるみ付市内 CCP ケーブルについても、独自の製造方式を開発した。

輸出面ではインド国鉄、交流電化区間の鉄道通信、信号用の搬送市外複合アルミ被ケーブルをはじめ、数多くの実績をあげることができた。

電力会社ではサービスの向上をねらって変電所、配電線の切換え改修工事を無停電で行なうために、66, 77 kV 級の移動用ケーブル、3 kV 級のバイパスケーブルの需要が激増した。これらケーブルは日立電線考案による2重回転ドラム、折返し巻ドラムにケーブルヘッド付で装され、使用時の便利さのために好評を博している。

神奈川県企業庁城山発電所に布設された 20 kV 1,000 mm<sup>2</sup> ブチルゴムケーブルは、250 m の立坑に 24 条のケーブルが並設されたものであり、日立電線独自の開発による上端つり止め方式、延線クランプによる流し込み布設方式が採用され布設作業が無事終了した。



(上) ミラクルワイヤ (下) 毛髪  
図5 ミラクルワイヤ

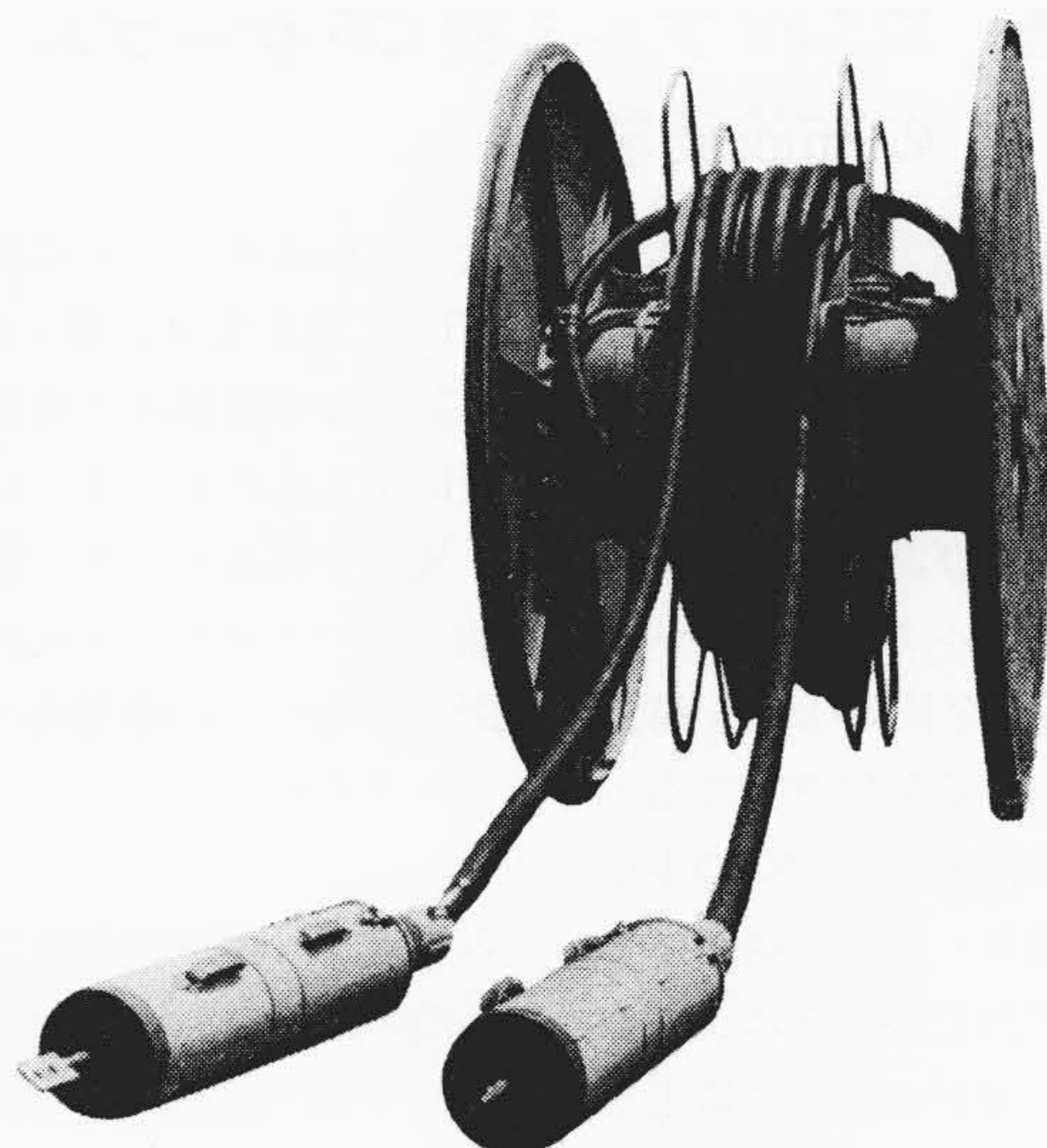


図4 66 kV 移動用ケーブル

一方、ゴム、プラスチック絶縁ケーブルの海外からの引合は活発化し、受注数量も漸次増加している。とくに、シンガポール市電気局からは 22 kV ブチルゴム絶縁 3 心海底ケーブル 15,000 ヤードを受注し、鋭意製作中である。本ケーブルは 40 年末までに布設工事が完了する予定であるが、日立電線独自の方式によるジェット埋設機でケーブルを海底に埋設する工法がとられる予定である。

電気機器用巻線では銅事情悪化に対処するため、製品コストの低減をねらって導体のアルミ化が検討されている。たとえば陽極酸化アルミ線(日立電線商品名アルライト線)、変圧器用ホルマール皮膜絶縁アルミハクなどが開発され実用化されつつある。一方、耐熱エナメル線として本格的な F~H 種用アミドイミド線(日立電線商品名アイメック)、特殊目的用の極細ガラス被覆電線(日立電線商品名ミラクルワイヤ)などをそれぞれ開発し実用に供している。

日立電線の新分野製品である工業用ゴム製品の主体はベルト、ホースおよび防振ゴムであるが、西ドイツ向エスカレータ用ハンドレール、ニュージーランド向ベルトなどの輸出を含めて漸次生産量が増加している。また日本国有鉄道向防振ゴムの認定試験に合格し、この分野における進出の基礎を確立した。

このほか、警報線入りトロリ線は最近の電車のスピードアップと、ダイヤ編成の高密度化に対処して開発されたもので、トロリ線に断線地絡などの異常があった場合、警報線により警報を発するもので日立電線の特長ある新製品といえよう。

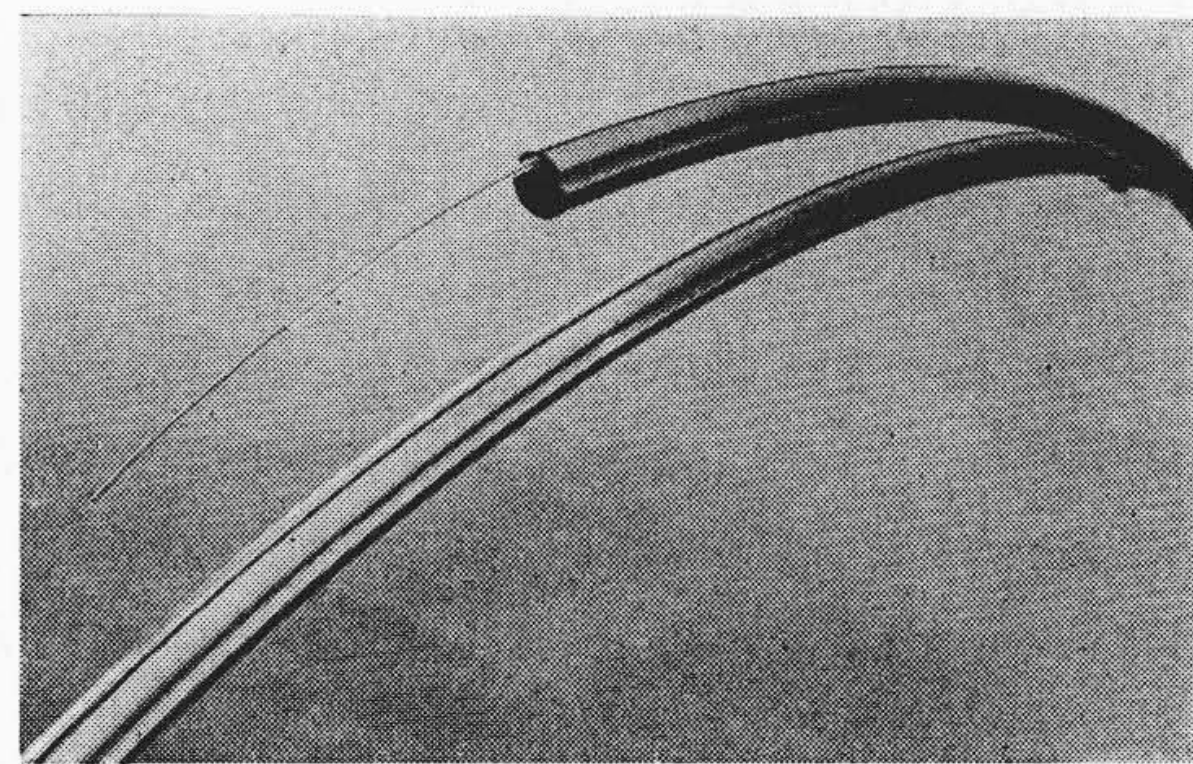


図6 警報線入りトロリ線



## ■ 275 kV アルミ被 OF ケーブル の布設実験

東京都内の電力需要はますます増大しているが、これに対処するため東京電力株式会社では昭和 43～45 年ごろを完成目標として 275 kV 送電線路の都内導入を計画している。この線路は江東変電所から城南、新宿変電所を経て西部変電所に至るもので、すでにその一部の管路および洞道は完成している。使用されるケーブル種類は現在のところアルミ被 OF ケーブルと油入りパイプケーブルが考えられているが、全長 30 km を越える長距離線路にこの種超高圧ケーブルが使用される例は世界でもニューヨークやロンドンに次ぐものであって、技術的に未解決の事項が多い。

アルミ被ケーブルの場合についてみると、外径が大きいことおよびシースがかたいことによる取扱上の問題、許容曲げ半径の点からみて既設のマンホールで施工し得るかどうか、通電による伸び出し量はどうか、シース損の大きさはどうか、送電容量におよぼす影響はどうか、ケーブルの電気特性はどうか、などといった一連の問題が考えられる。

そこでこれらの疑問点を解決するために 275 kV 1,200 mm<sup>2</sup> アルミ被 OF ケーブル 600 m を試作し、これを用いて大規模な布設実験と各種の研究調査が行なわれることになり、日立電線株式会社がこれを担当した。

まずケーブルの構造は図 1 に示すとおり、導体は中空スパイラル上に 6 分割の圧縮より線をより合わせ、バインダとしてステンレステープを用いている。このステンレステープは、ケーブルが曲げられた際、導体のセグメントが笑うのを防ぐ効果が著しく、これを用いることによって後述するようにケーブルの曲げ試験径を従来のものに比べて飛躍的に小さくすることができる。

絶縁体は今回のケーブルのもっとも特長のある点であって、導体近傍に特にカレンダをかけた表面状態の平滑な高密度紙を用い、外層には脱イオン水で水洗した低密度のいわゆる低損失紙を用いた。

これは今回のケーブルが使用される予定の管路径が 150 mm のため、絶縁厚さを 19.5 mm (従来わが国の 275 kV OF ケーブルは 21～22 mm) と薄くしなければならないにもかかわらず、一方耐電圧特性は従来の 275 kV と同等以上の必要があり、誘電特性は送電容量を上げるために誘電率および誘電正接を大幅に低下させたいという要求が出されたためであって、導体直上の高密度紙によって耐電圧特性を向上させ、外側の低密度紙によって誘電特性を向上させようというねらいである。また表面平滑な高密度紙は紙しわの発生防止に非常に効果があるので、この点からも耐圧特性の向上が期待される。

ケーブルの主要な電気試験結果は表 1 に示す。これからわかるとおり、上述の目的はほぼ達成されている。

特に注目されるのは曲げ試験径であって、従来は 275 kV ケーブルではシース径の 25 倍以下にはできないことが高電圧試験専門委員会の結論であった。今回のケーブルにおいては導体のバインダの採用、導体近傍に高密度紙を用いたことなどによって大幅に改善され、曲げ試験径がシース径の 15 倍まで絶縁層になんら異常ないという結果が得られた。このことによって輸送ドラムの胴径を小さくすることができ、したがってドラム全体の寸法縮小が可能となり、布

設工事を容易にすることができた。またマンホール内でのケーブル曲げ半径も小さくしうることが明らかになったので、マンホールの設計上非常に有利となった。

ケーブルの現地における布設実験は麻布洞道、中の橋橋梁添架部の管路および警視庁前の曲り管路において実施された。とくに中の橋においては交通規制時間の許す時間内で 3 条を同時に引き入れるという工事であったが、トレーラ上にドラムを積載したまま布設する方法を採った結果、比較的簡単に実施することができた。

つぎにケーブルに地絡が起こった際の現象を調べる地絡実験が、超高研武山試験所において行なわれた。図 2 にその状況を示す。これによりケーブルの着火の状況、防災用トラフの効果などの検討が行なわれ、つぎの結論が得られた。

- (1) 故障電流が 15 kA 以上では、短絡時火災を生ずる。
- (2) 強行送電をおこなうと 7 kA でも火災を生ずる。
- (3) トラフの中に砂を入れその中にケーブルを布設した場合は、短絡しても火災にならないが、トラフは破損する。

そのほか、ケーブルに種々な形状の物体が落下した際のケーブルの受ける損傷程度についても詳細な実験が行なわれ、アルミ被ケーブルは鉛被ケーブルに比して外傷に対してじょうぶであることが実証された。

表 1 主要電気試験結果

項 目	試作品の性能	わが国従来品の性能
衝撃破壊電圧 (kV)	1,740	1,650～1,900
長時間交流破壊電圧 (kV)	670	560～760
誘電正接 80℃ 275 kV (%)	0.21	0.23～0.25
誘電率	3.38	3.54～3.90
許容曲げ試験径 (対シース径比)	15	25

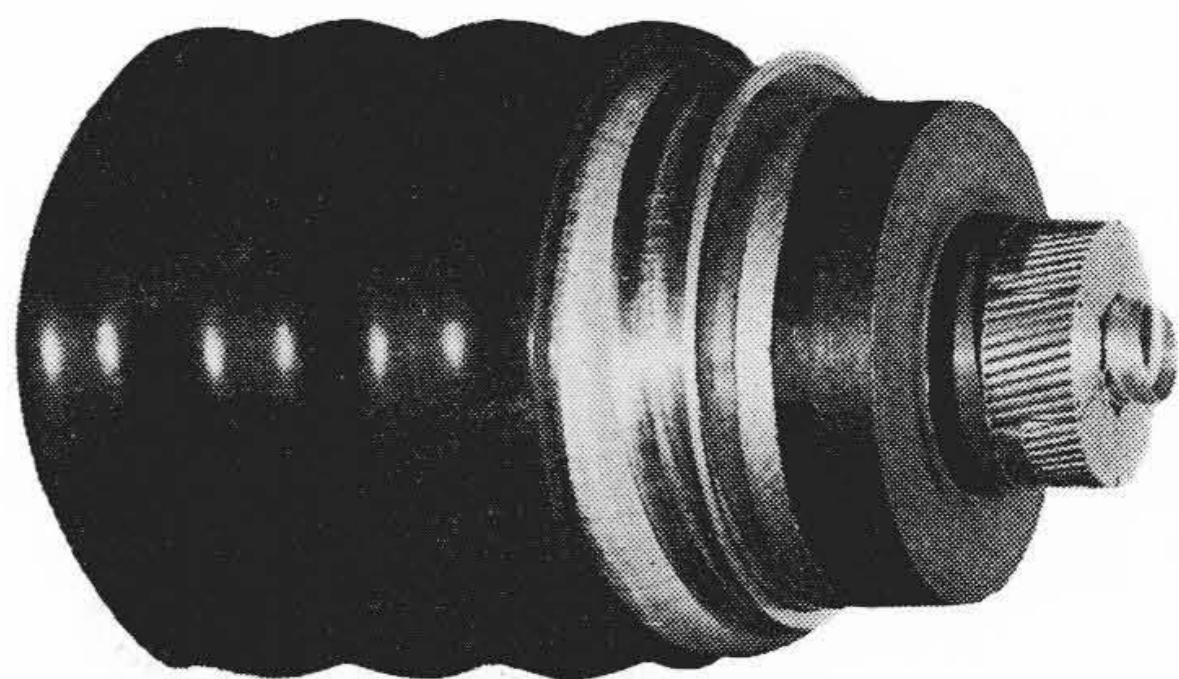


図 1 275 kV 1×1,200 mm<sup>2</sup> アルミ被 OF ケーブル

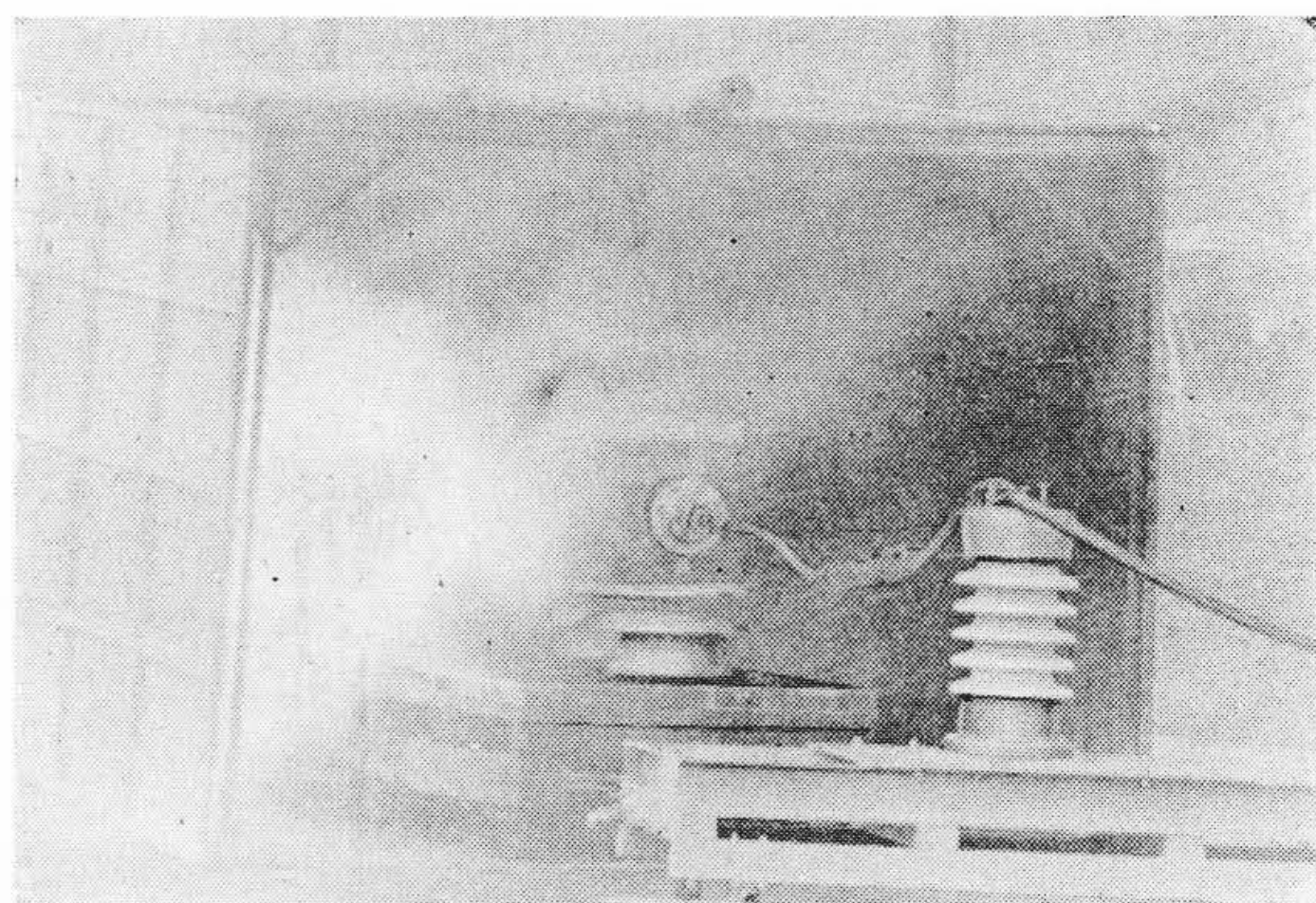


図 2 275 kV OF ケーブルの地絡実験

## ■ バロン形通信ケーブルの開発

同軸ケーブルの絶縁体としては誘電率が小さいほど減衰量を小さくできるので、従来低損失同軸ケーブルとしてはポリエチレン円板、コルデルひもなど空げき形絶縁方式が使用されていたが、これらの

構造は水密性、耐電圧などの点に問題があった。

バロン形絶縁方式はこれらの欠点を解決する新しい方式であり、CCITT (国際電信電話諮問委員会) で諮問された 1.2/4.4 細心同軸ケーブルとして世界各国で採用されている最もすぐれたものであり、日立電線ではこのケーブルを開発したフランス SAT 社とプラスチ



ックケーブル技術などとの技術交換を行ない、各種バロン形ケーブルの製造技術の確立と特性の確認を行なった。

バロン形絶縁方式は導体上にゆるくポリエチレンチューブを押出し、これを規則的な間隔をおいて圧縮することにより導体を中心に保持するもので実効誘電率は約 1.2 ときわめて小さく、またその構造上から外径、誘電率の制御が比較的容易にできケーブル特性の長さ方向の均一性にすぐれている。本方式は当初細心同軸ケーブルを対象として開発されたものであるが、各種サイズの同軸ケーブルおよび平衡形ケーブルとしても低静電容量、低減衰量の利点を発揮できる。各種ケーブルへの適用結果をつぎに示す。

まず細心同軸ケーブルに適用した場合の構造、特性を従来わが国で使用されていた発泡ポリエチレン絶縁の場合と比較して示すと表 1 のとおりである。バロン形絶縁は CCITT 規格に十分適合し従来より外径が小さくなり特性もよいが、なかでもインピーダンス均等性、漏話特性は特にすぐれている。

また各種同軸ケーブルに適用した場合の減衰量は従来のポリエチレン充実絶縁の場合の約 60% というすぐれた低損失特性を示している。バロン形同軸ケーブルは多心複合ケーブルとして使用することも可能でありその 1 例を図に示す。また高周波で最も問題となる VSWR について 5 D-BE の例を示すと、製造長ケーブルでは 6~25 Mc/s で 1.03 以下ときわめてすぐれた値であり、20 m のサンプルを直径 20 cm の円筒に 10 m 以上巻付け屈曲しても劣化は認められず、多心複合ケーブルの約 40 cm の長さについて 250 kg まで圧縮したが VSWR の悪化がなくバロン形同軸ケーブルの機械的特性のすぐれていることがわかった。

バロン形絶縁方式を平衡形ケーブルすなわち星形カッド市外、搬送ケーブルに使用した場合は同一絶縁厚さのポリエチレン、発泡ポリエチレン絶縁に比較して静電容量が小さくなり、したがって減衰量はそれぞれより 10% および 4% 小さい値となる。また同時に絶縁耐力は発泡ポリエチレンの場合より高いので、低損失と同時に通

信回線の信頼性が向上する利点がある。

表 1 細心同軸ケーブルの構造、特性の比較

項 目		種 別	CCITT 規格	1.2/4.4 バロン形 細心同軸	1.2/5.6 PEF 細心同軸
構 造	中 心 導 体		1.2 mm	1.2 mm 軟銅線	1.2 mm 軟銅線
	絶 縁 体			バロン形 PE チューブ	発泡 PE
	外 部 導 体		内 径 4.4 mm 厚 さ 0.18 mm	4.4 mm 0.15 または 0.18 mm 軟銅テープ縦沿	5.6 mm 0.15 mm 軟銅テープ縦沿
	遮 蔽 体			0.1 mm 鉄テープ 2 枚反対方向横巻	0.1 mm 鉄テープ 2 枚同方向横巻
特 性	絶 縁 耐 力		D. C. 1,500 V 1 分間	合 格	合 格
	特 性 インピーダンス		75±1.5Ω (1 Mc)	平 均 75.0Ω	平 均 75.0Ω
	減 衰 量		5.3±0.2 dB/km (1 Mc)	平均 5.26 dB/km	平均 5.1 dB/km
	インピーダンス 均 等 性 (0.05 μS パルス)		100% 48 dB 以上 80% 54 dB 以上	最 悪 53 dB 最 平 均 63 dB	最 悪 48 dB 最 平 均 58 dB
	同 軸 心 間 遠端漏話減衰量		95 dB/3 km 以上 (60 kc)	125~130 dB/250m	105~110 dB/250m

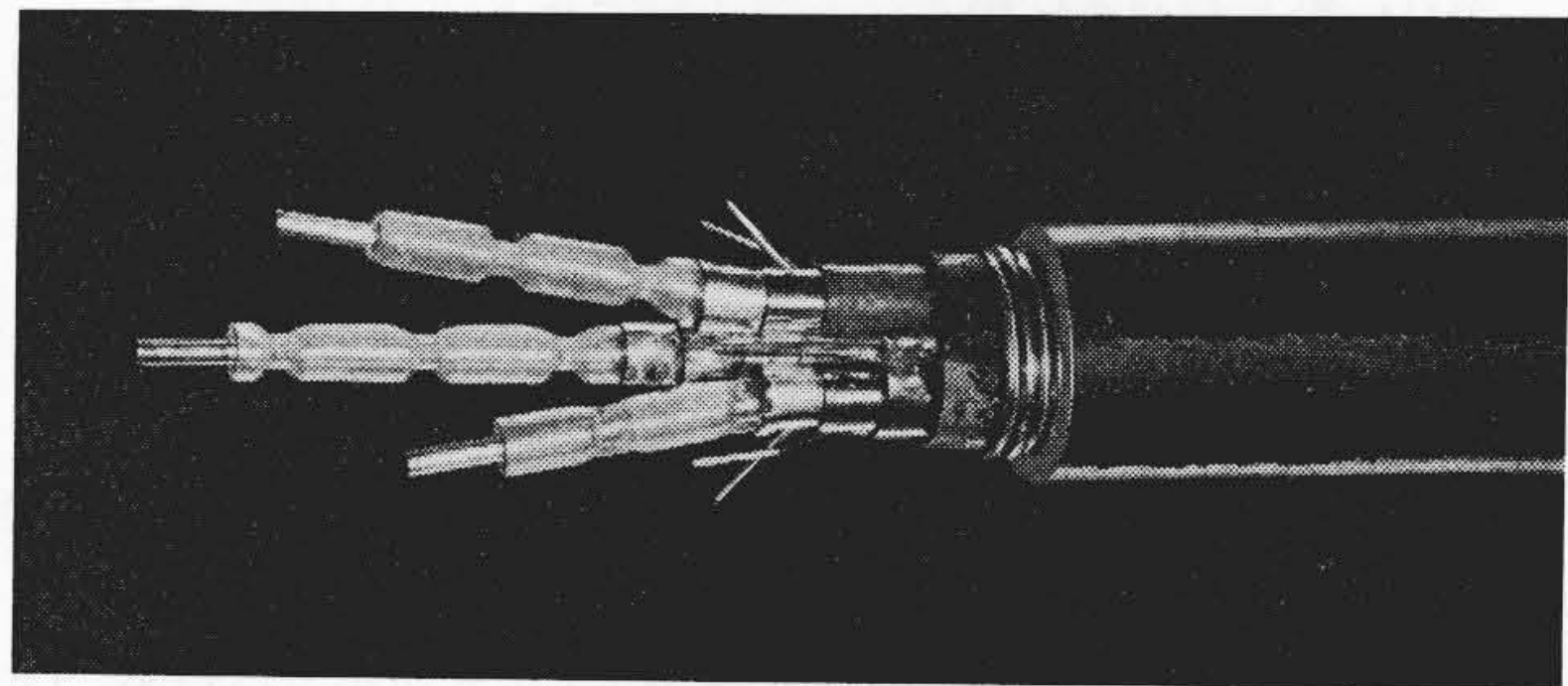


図 1 {5 D-BE バロン形同軸 3 心} 複合アルベス形  
0.65 mm 3 対  
サテライト局送受信所間連絡用ケーブル

## ■ 無酸素銅製品の量産開始

日立電線株式会社においてはわが国初めての量産規模による無酸素銅製品の製造を開始した。従来よりわが国では純銅材料としては、酸素量 0.02~0.05% 程度を含有したいわゆるタフピッチ銅と、主としてリン脱酸による脱酸銅の 2 種類が使われ、無酸素銅としては輸入材料あるいは真空溶解による製品が少量流通しているに過ぎなかったが、今回連続溶解鑄造設備を設置し独自の技術の開発に努めた結果、量産態勢を確立したものである。ガス脱酸方式のため酸素を含まない均一かつ良質の鑄塊が得られ、これを加工することにより多くのすぐれた特性を有する無酸素銅製品の量産が可能となった。欧米においても無酸素銅の量産は数社が特殊用途向として行なっているのみであり、今回日立電線株式会社が一般用純銅材料として広くタフピッチ銅およびリン脱酸銅に代替させようとすることは画期的なことといえる。

日立無酸素銅はタフピッチ銅、リン脱酸銅の長所を備えるとともに、独特のすぐれた諸性能を有するので一般用としてはもちろん、世界的に無酸素銅地金規格として權威を認められている ASTM B 170-59 を十分保証可能で、特殊用途に使用しても満足できるものである。特長としてはつぎの諸点があげられる。

- (1) 銅の純度はきわめて高い。高品質のものの分析例としては酸素含有量は 0.001% 以下、銅の純度は 99.99% 以上である。
- (2) 電気伝導度が良い。軟質で導電率 100% 以上である。
- (3) 熱伝導度がすぐれている。脱酸銅に比較して 10% 以上

高い。

(4) 水素ぜい性がない。したがって溶接性がきわめて良い。

(5) 柔軟性に富み加工性が良い。従来の銅種に比べ格段と展延性にすぐれている。

(6) 耐疲労性、耐振性にすぐれている。組織中に介在物なく、純度が高いために耐疲労、耐振性が良い。

(7) 信頼度が高い。連続鑄造設備のため、品質均一な鑄塊よりえられる製品の信頼性は高い。

したがって日立無酸素銅製品は、電子工業製品や各種電線類および特殊用途の伸銅品をはじめ、一般用伸銅品に至るあらゆる分野に使用できる。

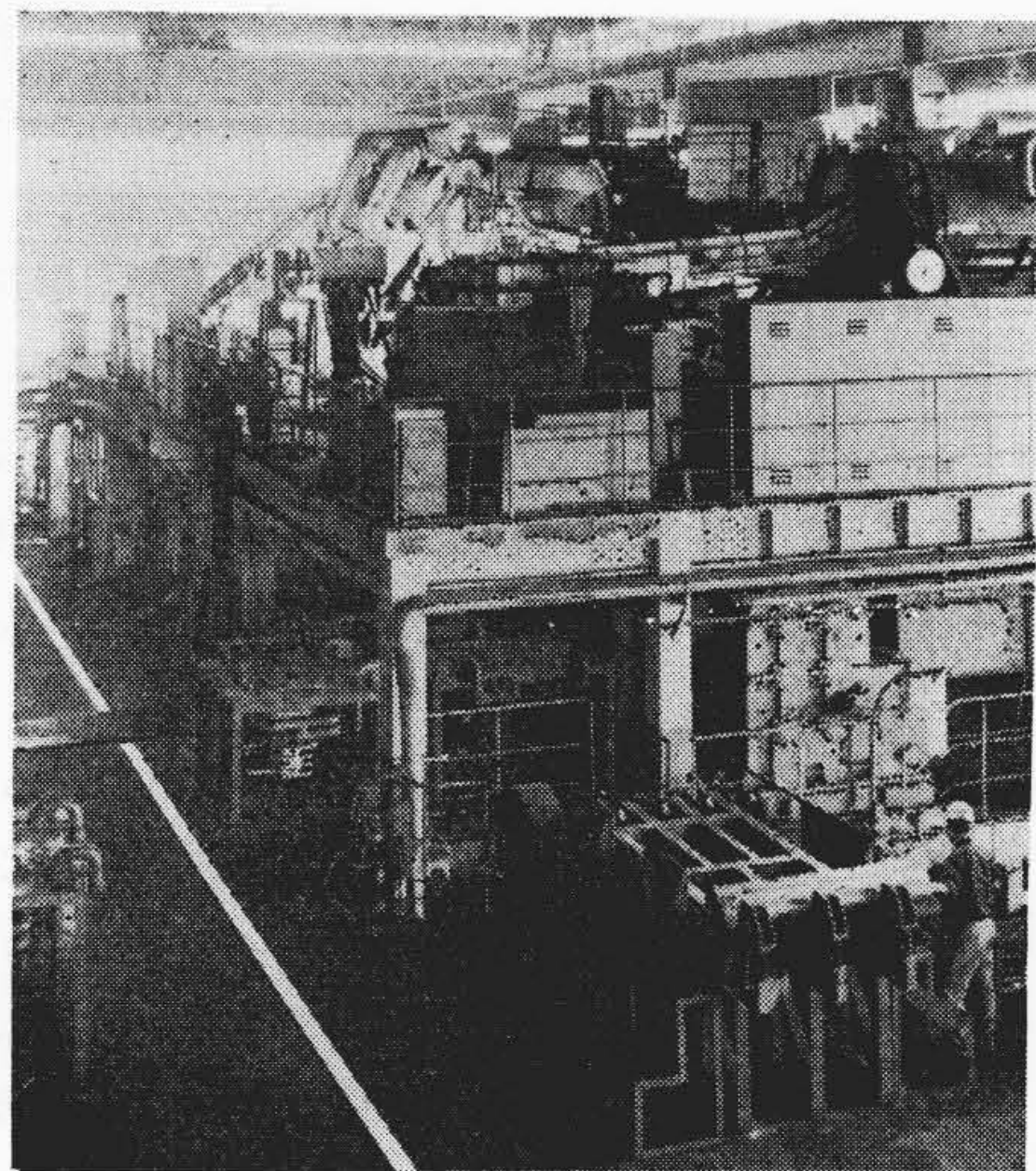


図 1 無酸素銅  
連続鑄造設備



## ■ 230 kV オイロスタティック ケーブルの開発

154 kV 以上の電圧ではわが国では OF ケーブルが唯一のものであるが、アメリカにおいては OF ケーブルとオイロスタティックパイプタイプケーブルが相半ばして使用されている。特に 230 kV 以上の超高压ケーブルとしては最近の使用量はむしろオイロスタティックケーブルのほうがはるかに多い傾向にある。

オイロスタティックケーブルは、図 1 に示す構造のケーブル 3 条を鋼管に引き入れ、低粘度の絶縁油を充てんし、15 気圧前後に加圧したものである。

日立電線株式会社は 1962 年よりこのケーブルの試作開発を行ってきたが、1964 年秋より 1965 年春にかけてアメリカロスアンゼルス市水道電気局に 230 kV 1,000 MCM (500 mm<sup>2</sup>) ケーブル 92,765 フィートを納入した。

このケーブルはわが国において製造されたパイプケーブルとしては最高電圧のものであるばかりでなく、アメリカ西海岸におけるケーブルとしても電圧、サイズの点で記録品である。

超高压ケーブルの製造面で最も問題となるのは、絶縁層が厚くなった場合、紙じわおよび紙テープのずれによる soft spot を生ずることなく均一な絶縁層を得ることであるが、今回のケーブルの製造に当たっては紙巻き時の湿度および張力を適切に選ぶことと乾燥工程以前の屈曲径を大きくとることにより解決した。

試作段階においては表に示す条件で長期劣化試験を行ない、使用状態におけるケーブルの品質を確認する方法をとった。

上記ロスアンゼルス市向の製品はすでに現地において布設され運転にはいっている。

国内的にみると、東京都内において 275 kV 系統で近い将来、OF ケーブルとならんで本ケーブルを使用する計画があり、すでに得られた経験が有効に利用されるものと期待している。

## ■ 障害物探知漏えい導波管の開発

鉄道の高速化に伴って軌道上の障害物を事前に探知することは安全運転を確保するうえで重要である。この障害物探知の問題は日本国有鉄道技術研究所が主体となって、ここ数年にわたって行われてきた。障害物探知と列車通信、列車制御なども同時にできる方式として“漏えい波擬レーダ方式”が鉄道技術研究所より提案された。この方式は従来にない画期的なものであるがこれを実現するためには低損失な漏えい導波管の開発が不可欠である。

日立電線株式会社では日立製作所中央研究所と協力して、この漏えい導波管を開発し、ミリ波伝送路の技術を十分に発揮した。すなわち伝送と同時にふく射を伴う低損失の伝送路を実現するためには、低損失でふく射の容易な伝送姿態を利用することが有利となる。この目的にはミリ波の伝送で用いられる円形電界波 ( $TE_{01}$  波) が最も適している。連続的にふく射を得るためにらせん導波管構造とし、らせん巻線のピッチを大きくした。またふく射波の制御法として、らせん導波管の外部を遮へいしさらに位相変成器として反射板を利用している。漏えい導波管を 3 m 離して結合させるためにパラボラ反射器を用い伝播損失を極力小さくした。この形の漏えい導波管で減衰量 4.8 dB/km、結合損失 -90 dB/m が実現できることが明らかになり、国鉄技術研究所構内に往復 172m の漏えい導波管を布設し日立電子株式会社製のレーダで障害物探知の実験を行ない 10 cm 大の障害物を探知できることが明らかになった。

今後の課題は、この方式の実用化に際して問題になる漏えい導波

表 1 長期劣化試験条件

項 目	内 容
課 電 方 法	連 続 課 電 173 kV (1.3 E <sub>0</sub> ) 210 日間
熱 サ イ ク ル	加熱 8 時間—冷却 16 時間 加熱は導体通電方式による。
誘電正接の測定	毎日通電前に課電電圧において測定 1 個月ごとに 1 回 66.5, 133, 200 kV および 266 kV の各電圧 ならびに 40, 60, 80℃ および 100℃ の各温度で行なう。
油 圧	100 psi

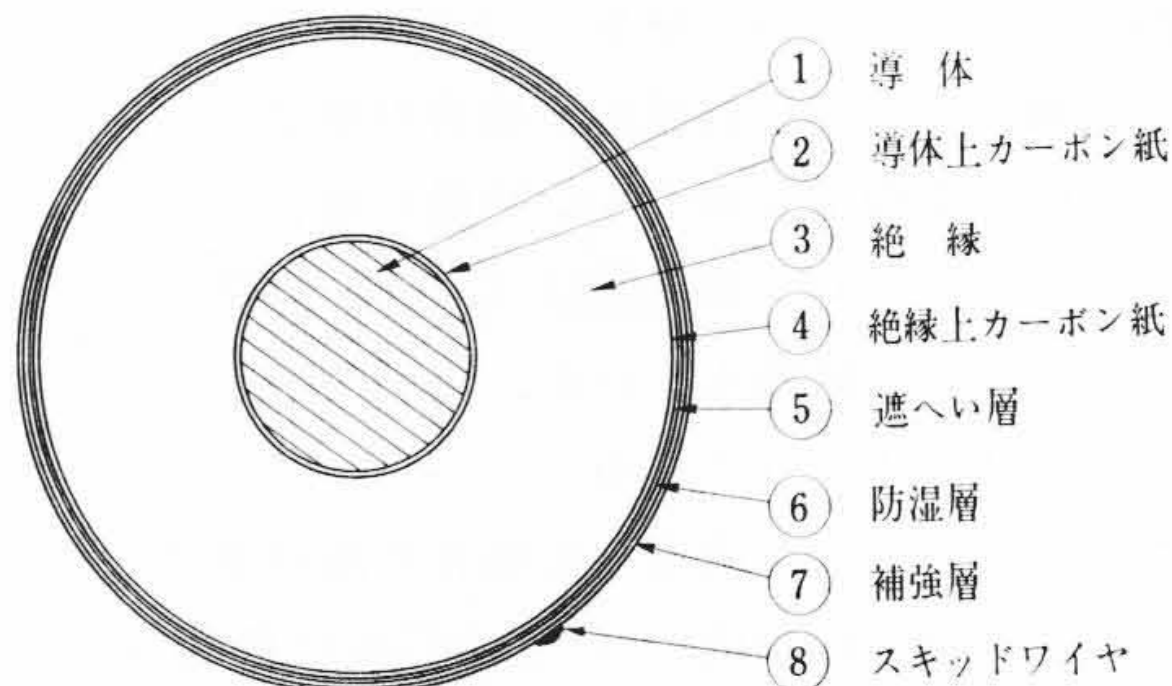


図 1 230 kV ケーブル構造図

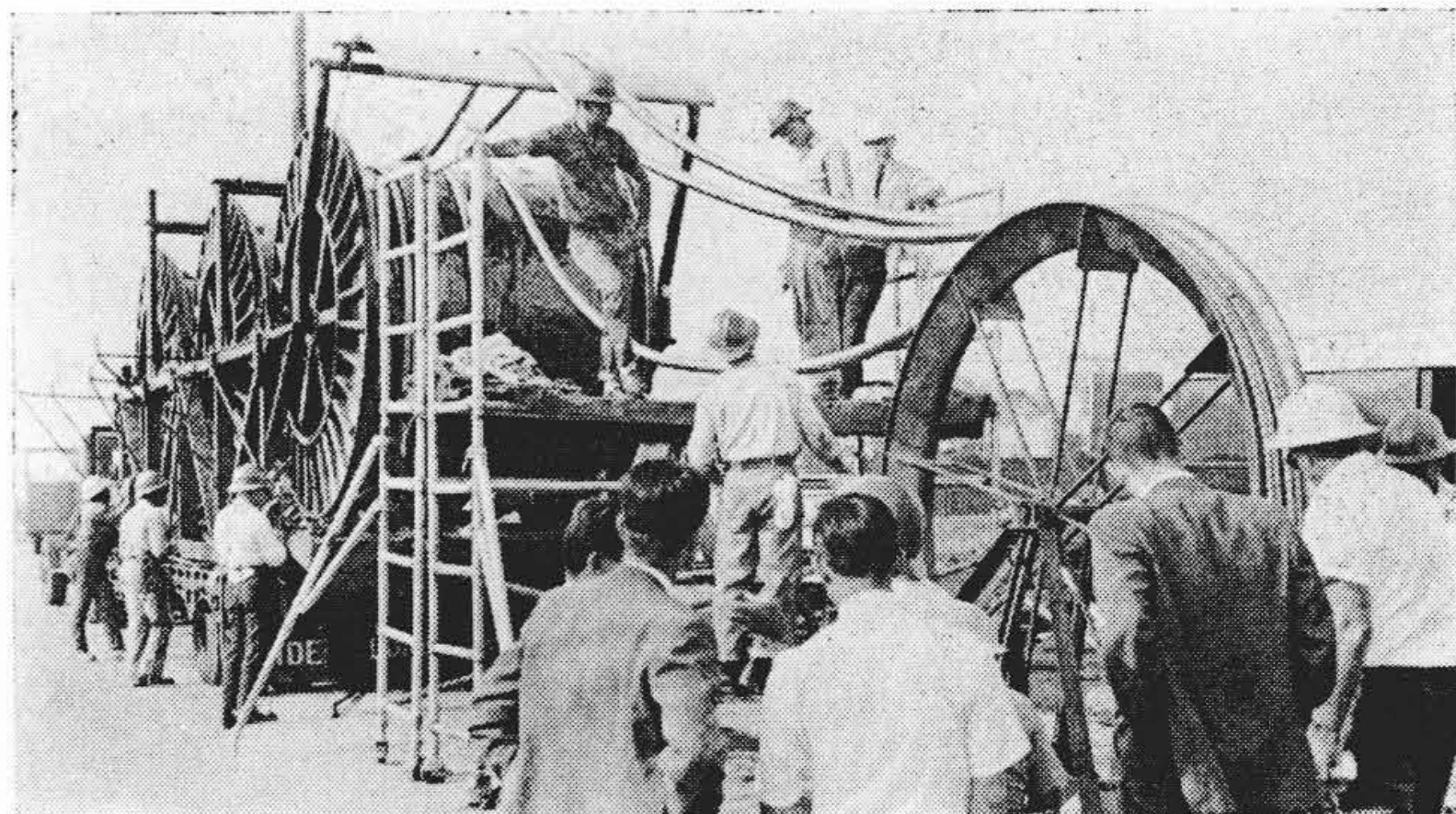


図 2 現地における 230 kV パイプケーブルの布設

管の実用形式である。特に今回問題であった場所による探知能力の相違は実用化に際しては探知漏れとなる可能性もあるので解決が急がれる。

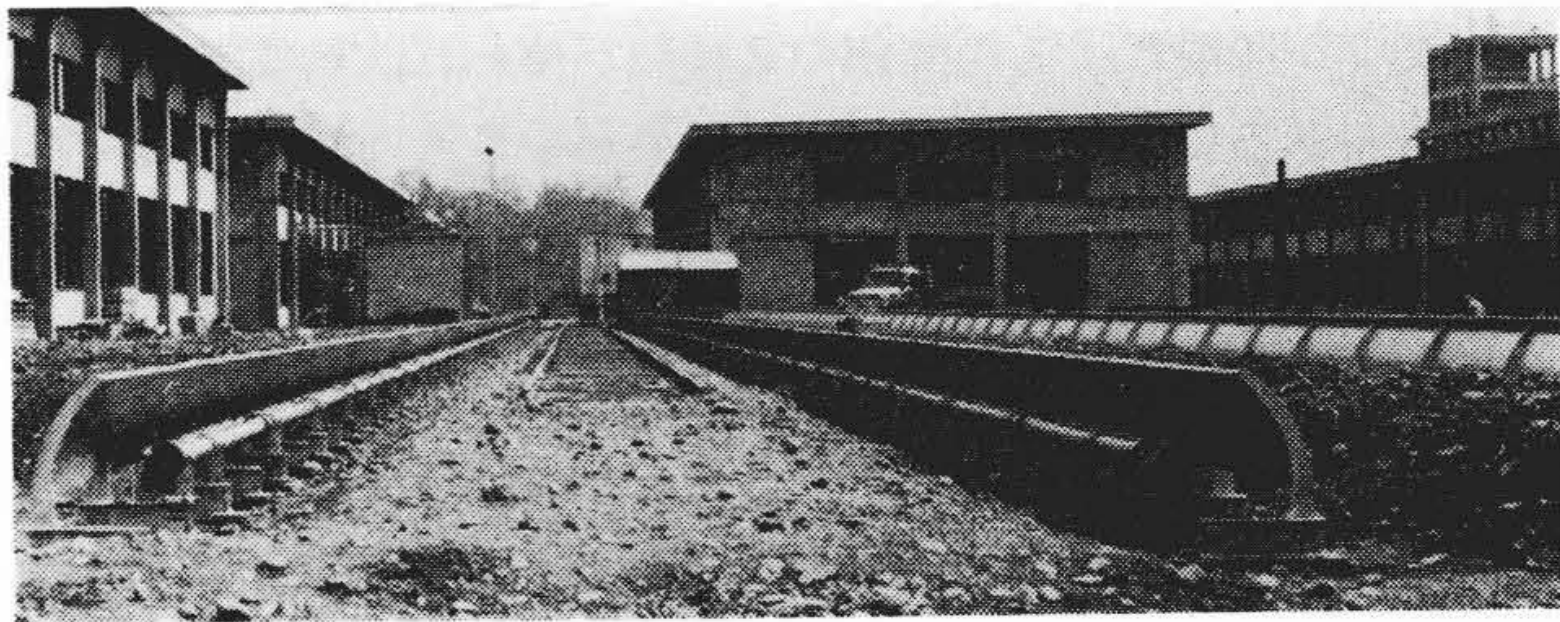


図 1 国鉄技術研究所構内に布設された漏えい導波管

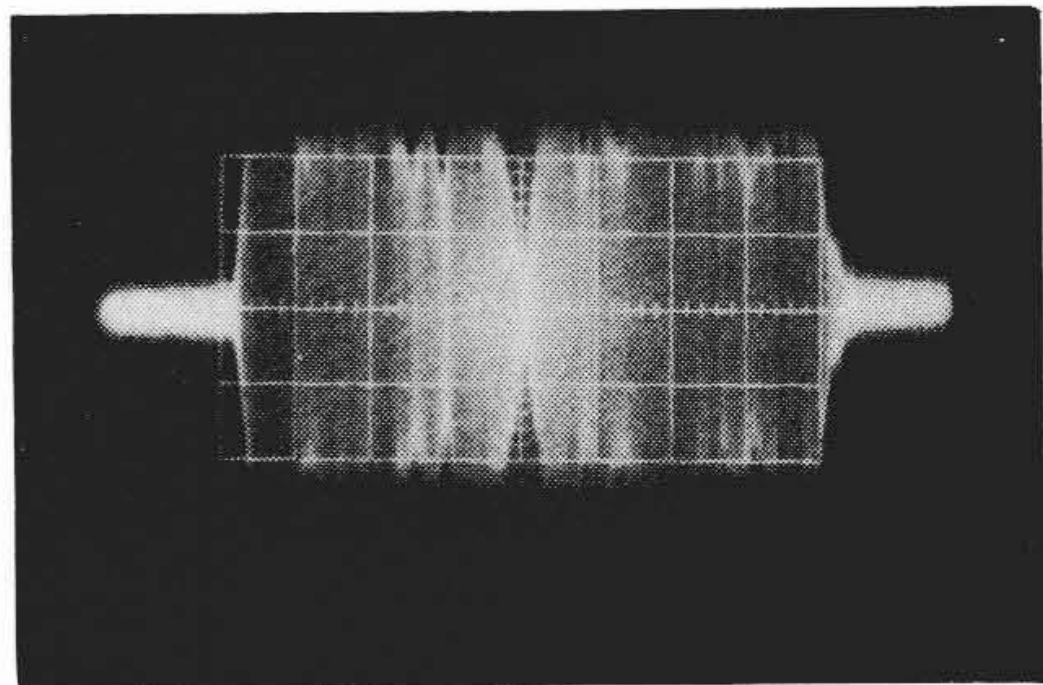


図 2 レーダ受信波形の一例

(人間が立った場合中央の落ちこみ部に人間がいる。)



## ■ 地下発電所向大サイズ立坑 ケーブルの布設

神奈川県企業庁、城山発電所の主フィーダとして、世界的にも画期的な 20kV 単心 1,000mm<sup>2</sup> 分割導体ブチルゴム絶縁電力ケーブルを納入、布設工事を完了した。本発電所は最も高落差を有するわが国最初の揚水発電所で、発電容量 70,000 kVA 4 基の地下発電所と地上変圧器とは約 225 m の立坑によって連絡されている。

この立坑用主フィーダとしてブチルゴムケーブル、架橋ポリエチレンケーブル、GF ケーブルおよび密閉母線が考えられたが、信頼性、立坑垂直布設工事の難易、保守および経済性などの面より総合比較した結果ブチルゴムケーブルが採用された。

ケーブル重量は立坑部で約 4,000 kg であり、そのテンションメンバーとして一重アルミ合金線を使用した。アルミ合金は鉄損による温度上昇がなく、中心導体との熱伸縮のバランスが保たれる。つぎに立坑部ケーブルの支持方法は立坑壁面に対する荷重を除くため全長固定をせず、コーン形つり止装置による上部 1 点支持方法を採用した。また、ケーブル布設方法は最も安全性の高い延線用仮クランプによる地上延線法によった。

今後、地下発電所の主フィーダとして、大サイズ単心ブチルゴム電力ケーブルの需要はますます増加するものと考えられる。

ケーブルの構造、布設状況を図 1, 2 に示す。

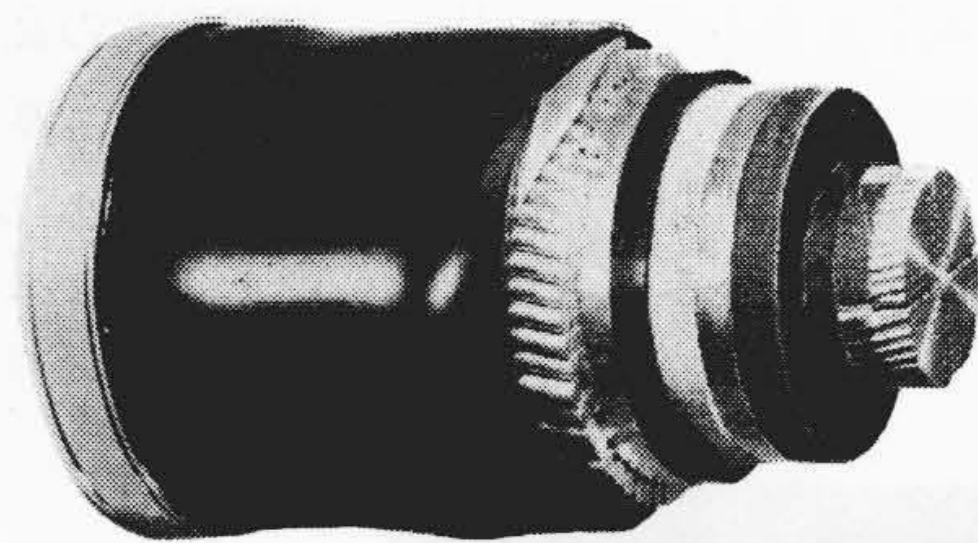


図1 立坑ケーブルの構造 (20kV 1×1,000 mm<sup>2</sup> BBVWAVZ)

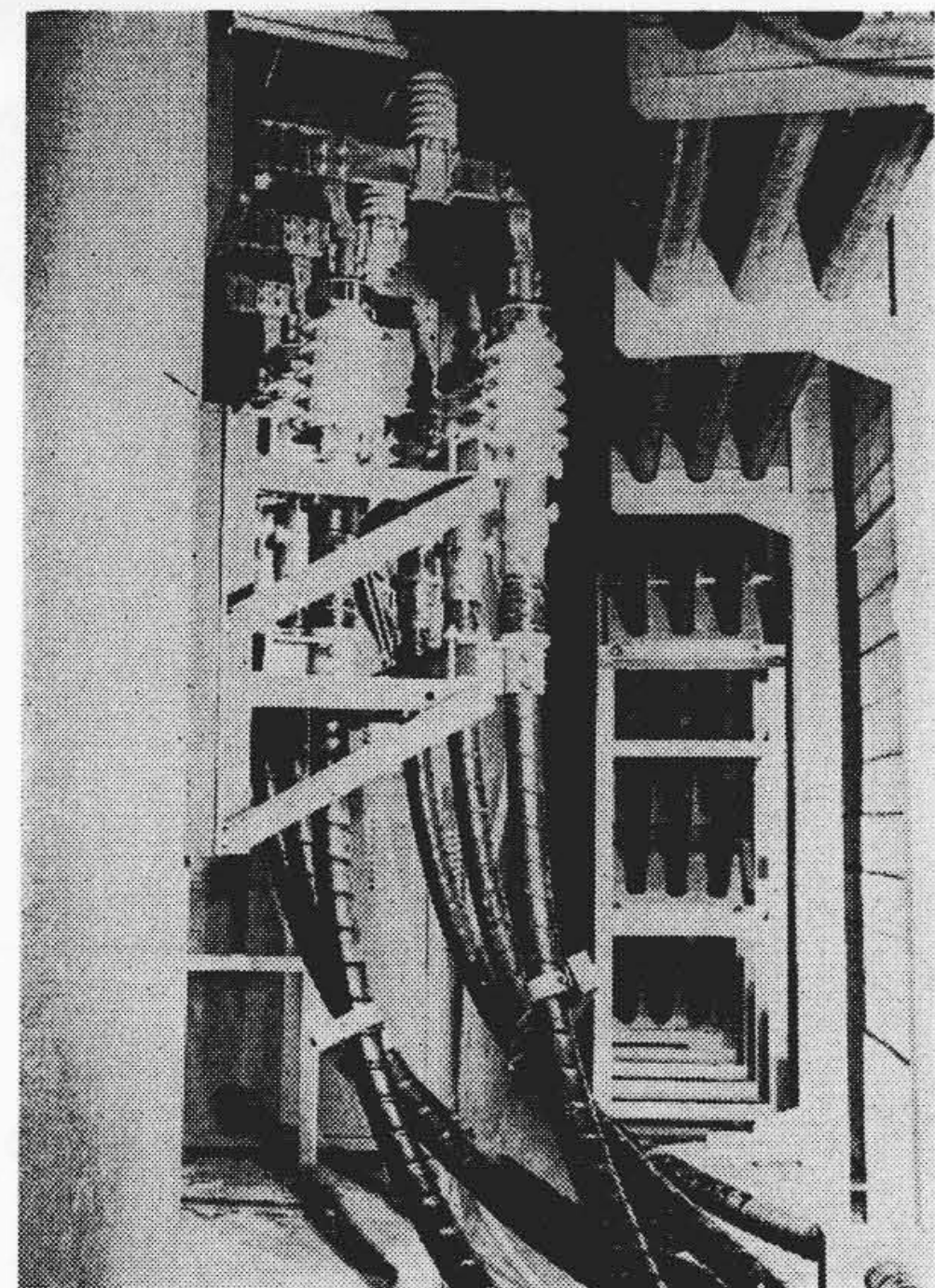


図2 立坑ケーブルの布設状況

## ■ 1,500V HCR 形防爆キャブタイヤ ケーブルの開発

近年における石炭鉱山の採炭機械の大容量化に伴い、これに必要な 1,500V の防爆形キャブタイヤケーブルを開発した。

従来、坑内におけるこれらのキャブタイヤケーブルは 600V までであり、1,500V 級のケーブルはわが国で初めてのものである。現在、1,500V 級のケーブルは鉱山保安規則でその使用を許されていないが試験使用の形で通産大臣の特別認可で使うことができ、日立電線株式会社では厳密な型式試験にも合格している。

1,500V 級のキャブタイヤケーブルは、採炭機械のコールカッターの容量が従来の 100kW 程度のものから、採炭能率向上のため 200 kW にするために必要となったもので、600V 級のケーブルでは 4×150 mm<sup>2</sup> となりケーブル外径が 100 mm をこえるので、坑内でのケーブルハンドリングができなくなる。これを 1,500V 級のケーブルにすると 4×38 mm<sup>2</sup> で外径も 60 mm と小さくなり、ハンドリングも容易でケーブルも 1 本で利用できる。

1,500V の防爆キャブタイヤケーブルの開発にあたっては、従来わが国の防爆キャブタイヤケーブルの 90% 以上の納入実績を持つ HCR 形防爆キャブタイヤケーブルの構造に従い、特に防爆特性の向上には安全弁の役割をもつ警報線心と電力線心との強度差を大きく

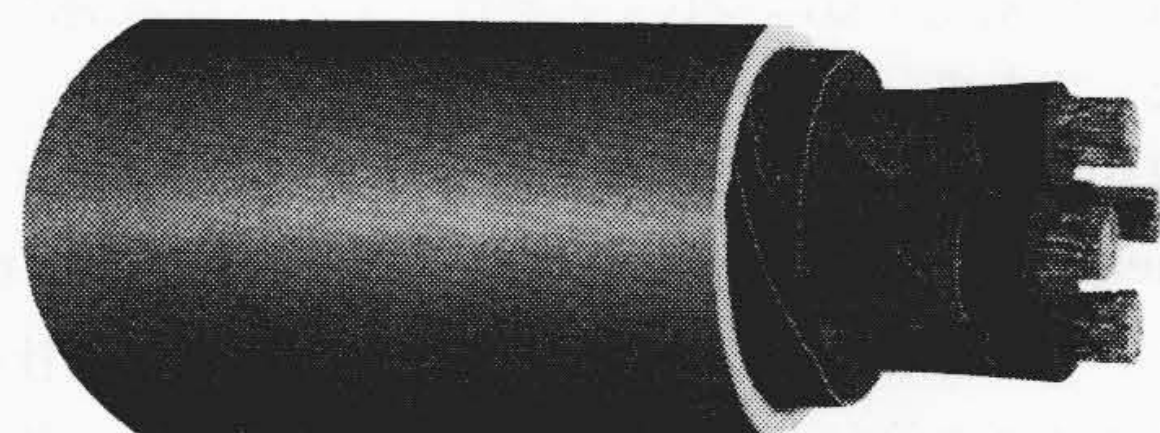


図1 1,500V HCR 形防爆キャブタイヤケーブル

するため、電力線心の特殊補強層の強度をあげ、半導電性クロロプレンの固有抵抗を安定させた。さらにシースには機械的強度を向上するため従来のクロロプレンよりも耐摩耗性が数倍すぐれた「タフプレンスース」を開発使用し、しかも坑内での使用に適するよう警戒色の黄色を採用した。

ケーブルの防爆特性と機械特性の測定には、コールカッターの定格電圧 1,100V を通電したときの衝撃と圧縮試験を行なった。試験結果は 600V HCR 形防爆キャブタイヤケーブルと比較して、良好な防爆特性と 2 倍の機械的強度を持つことが判明し、将来坑内に 1,500V の HCR 形防爆キャブタイヤケーブルを使用することにより、昇圧による機器の大容量化が可能であることを確かめることができた。

すでに三菱鉱業株式会社古賀山鉱業所で、200 kW コールカッターに 1,500V HCR 形ケーブルが使用され、今後わが国の坑内切羽における昇圧の動向が注目されている。

## ■ 超耐熱ビニル “ビニエイト” の開発

耐熱老化性、耐熱変形性ともにすぐれた超耐熱ビニル “ビニエイト”を開発した。

本来ビニルは熱可塑性物質であるため高温での変形はやむを得ないものとされていたが、特殊なレジンならびに可塑剤の選択と製造

法の改良によって、図 2 および図 3 に示すように熱変形が非常に小さくかつ耐熱老化性のすぐれたものを得ることができた。さらに高温での長期にわたる老化試験と、過電流による熱変形および破壊電圧試験結果からブチルゴムケーブルと同じく連続定格 80℃、短絡定格 230℃ で使用できることを確認した。また低温特性は、ぜい化温度が -30℃ 以下であり、一般ビニルと同等で低温時でも一般ビニルと同じ取扱いができる。



これらの特性は許容電流を大きくとりたい場合、周囲温度の高い所に使用したい場合などに適しており、ブチルゴムケーブルよりも安価であるから火力発電所、製鉄所などの 600V 以下の配線または機器内部配線そのほか広範囲な応用が期待できる。図 1 はビニエ

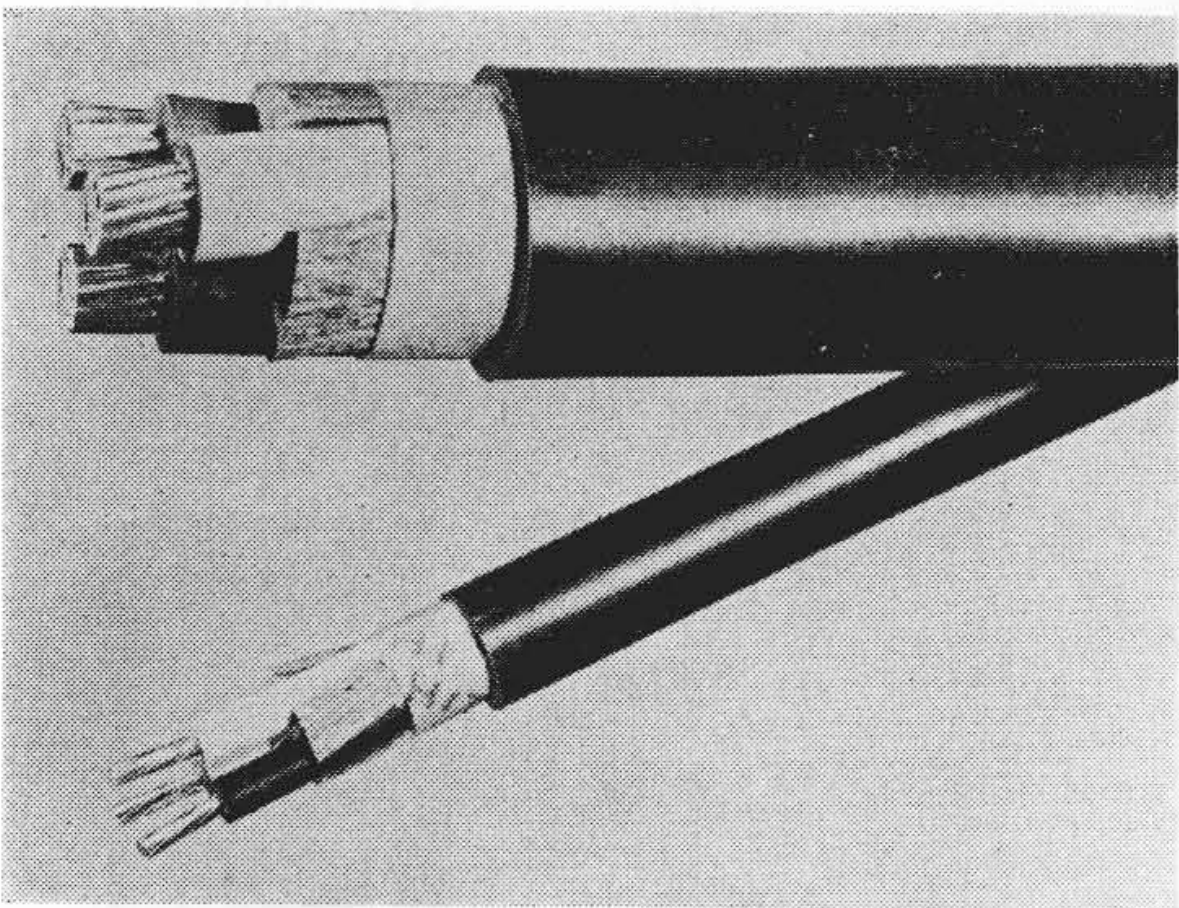


図 1 ビニエイト絶縁制御ケーブルの外観

ト絶縁制御ケーブルの外観を示したものである。

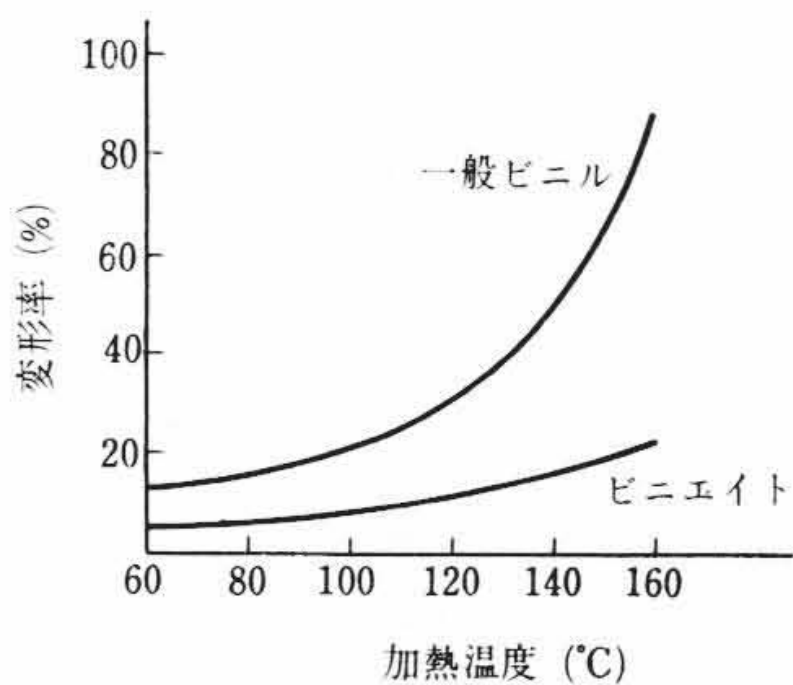


図 3 加熱温度と変形率

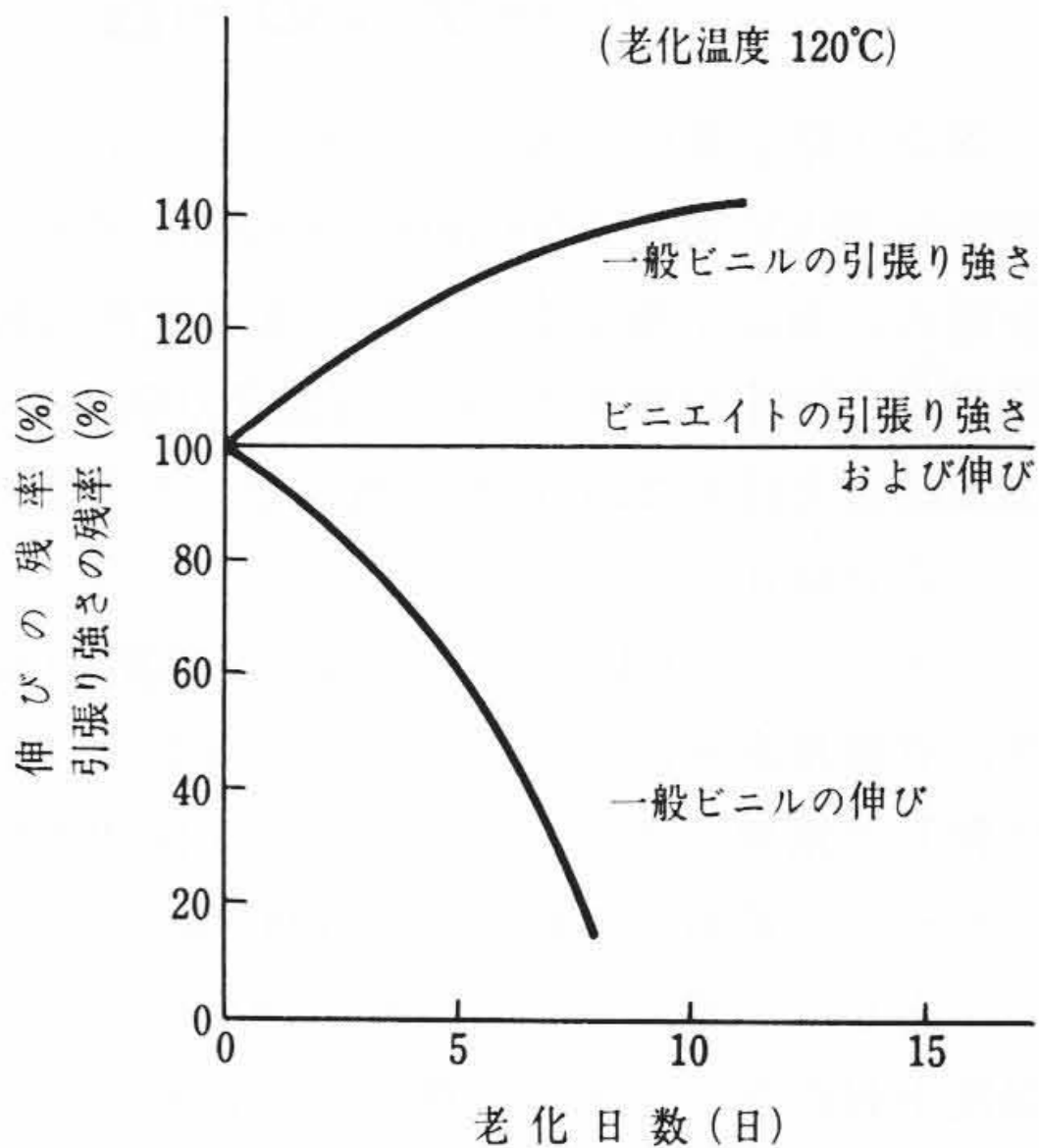


図 2 老化日数と引張り強さおよび伸び

### ■ アイメック線の量産化

近年機器の小形軽量化に伴い、それらの機器に使用するマグネットワイヤの耐熱性の向上が要望されている。特に電動工具などの短時間過負荷に耐えなければならないものはその傾向が強く、またコイルの機械巻が発達するにつれて耐熱性でしかも機械的に強いことも必要となってきた。

日立電線株式会社ではこれらの要望にこたえ 39 年よりアメリカ Amoco chemical 社で開発したポリアミドーイミド系塗料を入手検討しアイメック線を開発した。続いて日立化成株式会社においても独自の方法でこの塗料を開発したので同様検討したが特性上なら変わるところがないのでこの量産化に踏み切った。

このアイメック線の耐熱性はさきに開発したイメージワイヤ（ポリイミド塗料使用品で日立電線商品名）より若干悪く H 種 (180℃) 程度であるがヒタエステル線（ポリエステルエナメル線）よりかなりすぐれている。特に従来耐熱エナメル線の欠点となっていた皮膜の機械的強度にすぐれ、イメージワイヤの 4～5 倍でいままでに開発された耐熱マグネットワイヤ中もっとも良い。これは現在機械巻に使用されているホルマール線とほぼ同じかそれ以上の特性で、このエナメル線の開発により、耐熱エナメル線の機械巻も可能となる。

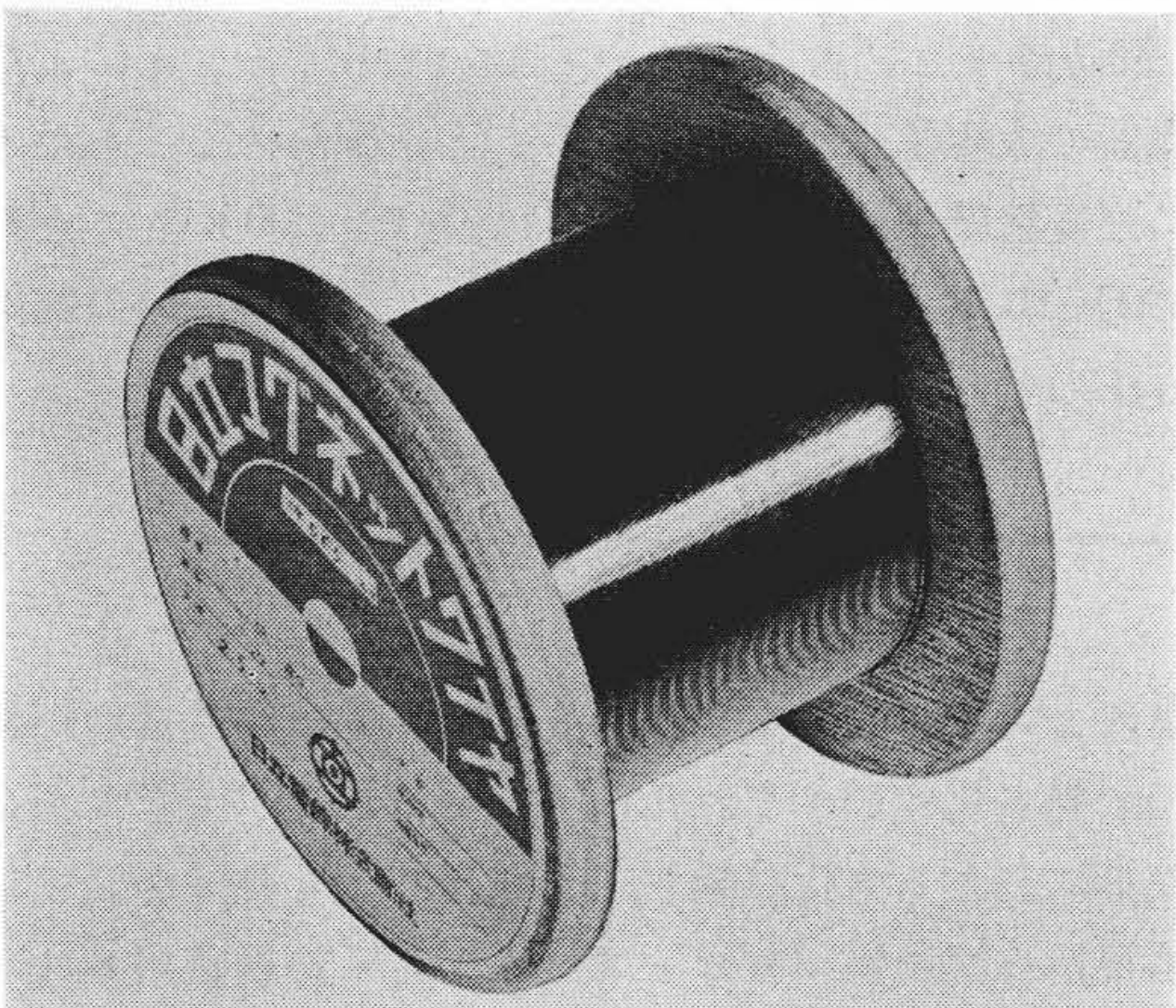


図 1 アイメック線

実際に電動工具に組み込みレベルアップ試験を実施した結果からもその特性が十分発揮できることが実証された。

このようにイメージワイヤについてアイメック線を開発したことは F 種 (155℃)～H 種 (180℃) 絶縁用に適用できる本格的なエナメル線ができたことで、耐熱機器絶縁の進歩に果たす役割は大きい。

また電気特性、耐薬品性、溶剤性、フロン性などすべての特性に対しバランスしたものであり、今後耐熱機器はもちろん、耐フロン用、耐薬品用機器などへの応用も期待されている。その特性の概要をヒタエステル線、イメージワイヤと比較し表 1 に示す。

表 1 アイメック線の性能表

項 目		品 種	アイメック線	イメージワイヤ	ヒタエステル線	備 考
寸 法 (mm)	導 体 径		1.00	1.00	1.00	
	皮 膜 厚		0.038	0.042	0.031	
ピンホール (5/5 m)			0	0	0	
巻 付	常 態 (1 倍径)		0/5	0/5	0/5	分母：試料数 分子：不良数
	200℃, 6h 加熱後 (1 倍径)		0/5	0/5	0/5	
	250℃, 6h 加熱後 (1 倍径)		5/5	0/5	5/5	
破壊電圧 (V)			9,640 (12,700)	10,960 (13,000)	8,120 (13,100)	より合法 ( ) 内は V/0.1mm の値
熱 衝 撃	150℃, 1h (1 倍径)		0/5	0/5	5/5	分母：試料数 分子：不良数
	250℃, 1h (1 倍径)		0/5	0/5	5/5	
捻回剥離数 (回)			68.2	74.6	83.2	標点距離 200 mm
摩 耗 回 数 (回)			162.2	40.9	83.2	NEMA 法, 往復試験機 荷重 0.6 kg
熱 軟 化	250℃, 6h		良	良	良	良：短絡しないもの 不良：6h 内に短絡したもの 1 点交差法 荷重：0.7 kg
	300℃, 6h		良	良	不良	
	350℃, 6h		良	良	—	
	400℃, 6h		不良	良	—	
薬 品 溶 剤 性	硫酸 (比重 1.2)		良 (5H)	良 (4H)	良 (4H)	常温 24h 浸漬後、外観爪判定。良：異常なし。 ( ) 内鉛筆硬度。
	アルカリ (1%)		良 (5H)	良 (4H)	良 (4H)	
	ベンゼン		良 (5H)	良 (4H)	良 (4H)	
フロン性 (ブリストア)	R-22		良	良	良	常温 5 日間浸漬後外観判定し 125℃ 10 分加熱、発泡の状況を見る。 { 良：異常なし } { 不良：発泡する }
	R-21		良	良	不良	



■ アルミパイプブスバーの開発

発電所における電力用母線として、最近盛んにアルミパイプが採用されるようになったが、日立電線株式会社ではすでに、東京都朝霞浄水場変電所、八幡製鐵株式会社千葉製鉄所変電所などにアルミパイプを、中部電力株式会社武豊火力発電所の変電所に、154, 77, 33 kV 用として 100 mmφ×6 mmt のアルミパイプ母線および付属品一式を納入した。

アルミパイプブスバーの特長は、表皮効果を押え導体の同一断面積において電線よりも許容電流が大きいことや、たわみが小さいため地上高さを小さくして支持物重量の軽減をなし得ることや、種々の機器との直結が容易で立体配置が可能であることなどの経済的利点にある。しかし、技術的諸問題も多く本線と分岐金具、その他の付属品との接続方法や、付属品の対コロナ防止策およびパイプ母線の微風振動の発生防止方法など、基本的には設計上既解決のものであるが、合理的かつ経済的に解決を要する諸事項は依然としてある。特にアルミパイプブスバーにおいては、母線支持間隔が大きい場合最も問題になるのが微風振動であるが、実際に発生する振動の形態は多様であり定量的な予測が困難である。したがって理論的には、風によるエネルギーの値と振動エネルギーの減衰量を比較し、後者

が大であれば振動は発生しないわけであるが、設計計算上安全であっても実際には微風振動の防止対策を行なう場合が多い。この防止方法には種々あり、すでに二、三の方法が発表されているが、日立電線では長期にわたる実験研究の結果、独得のダンパーをパイプ内部に設け、振動エネルギーの吸収をはかっている。

今後の課題としては母線と付属金具類および付属金具類と機器群との接続方式において、いかに合理的な耐震構造とするかであろう。

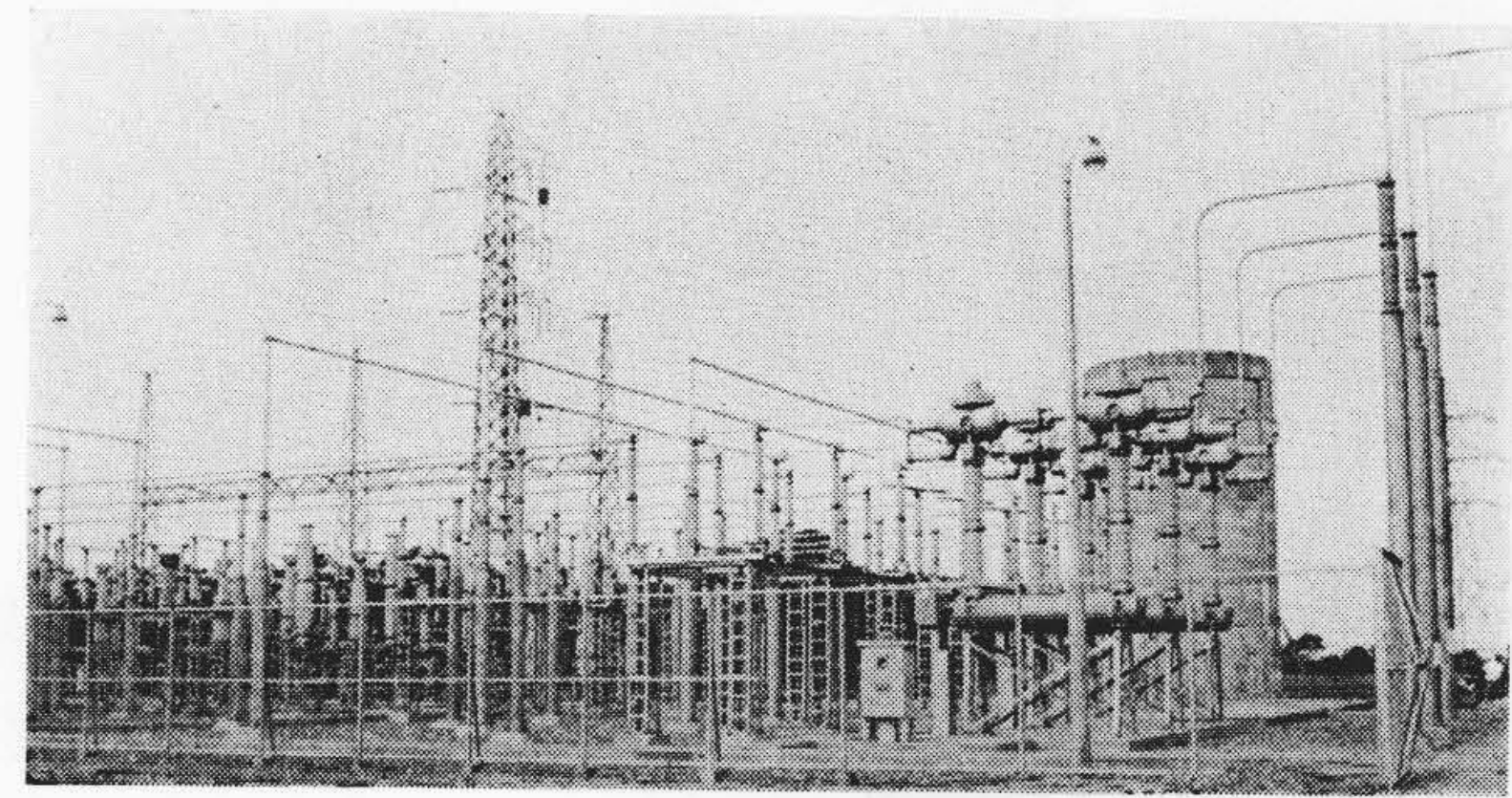


図1 アルミパイプブスバー布設例

昭和 40 年度における日立電線株式会社の社外寄稿、講演の成果

(昭和 39 年 11 月～昭和 40 年 10 月)

			39/11	12	40/1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	計
寄稿 先内訳	学協	会				1		2	1	1					5
	の	会		2	1			1	1	1	1			1	7
	合	計	1	2	2			1	4	2	1	2	2	2	15
講演 先内訳	学協	会	6					18					1		25
	の	会							3						3
	合	計	6	0	0	0	0	18	1	0	0	0	1	2	31

昭和 40 年度における日立化成工業株式会社の社外寄稿、講演の成果

(昭和 39 年 11 月～昭和 40 年 10 月)

			39/11	12	40/1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	計
寄稿 先内訳	学協	会	1	1	1			1		1					5
	の	会	1		1									1	3
	合	計	2	1	2	1	4	3		4		2	2	3	24
講演 先内訳	学協	会	3		3						1			2	9
	の	会	1		1	1	1				1	1	1	1	8
	合	計	4	0	4	1	1	0	0	0	2	1	1	3	17