

日立移動用、バイパス用ケーブルおよび付属品

Hitachi Portable, Bypass Power Cables and Accessories

増岡 信雄* 森屋 克男*
Nobuo Masuoka Katsuo Moriya
大西 隆雄* 平野 剛*
Takao Onishi Takashi Hirano

内 容 梗 概

移動用、バイパス用ケーブルおよび付属品は、その使用目的より一般の固定用電力ケーブルに比べて種々の要求がある。日立電線株式会社ではわが国で最も早くこの種ケーブルを製品化以来広範囲にわたる多量の実績を持ち、最近では使用電圧も 110 kV 級にも達した。またモールドケーブルヘッド、そのほか付属品についても用途に適合した各種製品を開発し、さらに取扱い上大きな役割りを果たすドラムや延線方式にも独自のアイデアを生かした新規な製品を考案実用化している。本報告はこれらの概要について述べる。

1. 緒 言

近年電力供給の安定化が強く要望され、各電力会社、大工場などでは停電の防止、停電時間短縮の努力が続けられている。

この目的に使用するケーブルとしては、当初電力会社で用いる移動変電所に付属した給電用リード線としての用途に限られていたが、最近ではその使用範囲が拡大されケーブル単独でも用いられるようになってきた。すなわち送配電線路や電気機器の工事、保守点検時の並列バイパス用、台風地震などによる災害時の非常給電用、発電所や大工場での重要回線事故時の応急対策用などとして用いられ、停電の短縮に大いに貢献している。

したがってその機能および用途より移動用、バイパス用、活線作業用、非常用、応急用、工事用などと種々に呼称されているが、既設電気回路に継ぎ込みその部分をバイパスしたり、分岐したりする基本的機能は同一であり、一般の固定配線用電力ケーブルに比べ、下記のような特異性を備えている。

- (1) 永久使用でなく臨時に使用し、その時間は比較的短い。
- (2) 使用場所が一定でなく任意の場所に移動運搬して使用される。
- (3) ケーブルおよび付属品はセットとして使用され、延線収納を反覆するので取扱いやすさがきわめて重要視される。
- (4) 所要条長は比較的短く、ケーブルは単位長である。
- (5) ケーブルはたわみ性が良好で機械的強度が大であることが必要。
- (6) ケーブル両端末にはあらかじめ端末処理を施し、延線後直ちに使用可能である。
- (7) 必要により中間接続器具、活線接続工具、引留装置などの付属品を備え、いずれも取扱い容易で反覆使用できる。
- (8) 迅速容易な延線収納のため特別なドラム、移動延線用具などを使用する。

またその種類も、低圧配電用 600 V から高压用 3.3, 6.6, 22, 33, 66, 77 kV 用と電圧がしだいに上昇し、最近では遂に中性点直接接地系統ではあるが 110 kV 用にも達している。送電容量においても導体サイズ 400 mm² 程度までの各サイズが実用化されている。

日立電線株式会社では昭和 33 年わが国最初の移動用ケーブルを完成以来、33 kV 以下の各種ケーブルおよび付属品を製作納入してきたが、昭和 38 年には従来の使用範囲を大きく越えて 77 kV 級を完成し以後この級の多くの納入実績を持っている。さらに最近では世界で初めての 110 kV 級移動用ケーブルを受注し納入予定である。

* 日立電線株式会社日高工場

また付属品においてもブチルゴムモールド・ケーブルヘッド（以下 CH と略）、架橋ポリエチレンコンデンサ形 CH をはじめ従来の常識を破った取扱いの容易な特殊なドラム類を開発し、各電力会社はじめ多くの需要家に納入し好評を得ている。

2. ケーブル本体

使用目的よりこの種ケーブルは原則として単心ケーブルであり、基本的構造は下記のとおりである。

- 導 体： たわみ性構成軟銅より線（同心または複合より線）
- 絶 縁 体： ブチルゴムおよび架橋ポリエチレン（内部半導電層を含め 33 kV 以下は一般電力ケーブルと同一厚さ）
- 遮へい層： 外部半導電層および軟銅線編組（600 V 級は不要）
- 保 護 層： クロロプレンおよびビニルシース（外径 30 mm 以上補強用綿帆布層付）

絶縁体およびシース材料は用途により選択され、ブチルゴム系はたわみ性にすぐれ架橋ポリエチレンは外径小で軽量となり、より過酷な使用条件には機械的特性のよいクロロプレンシースが使用される。600 V 用には絶縁体シース兼用のポリフレックス（特殊たわみ性架橋ポリエチレンの当社商品名）の一層被覆が用いられる。

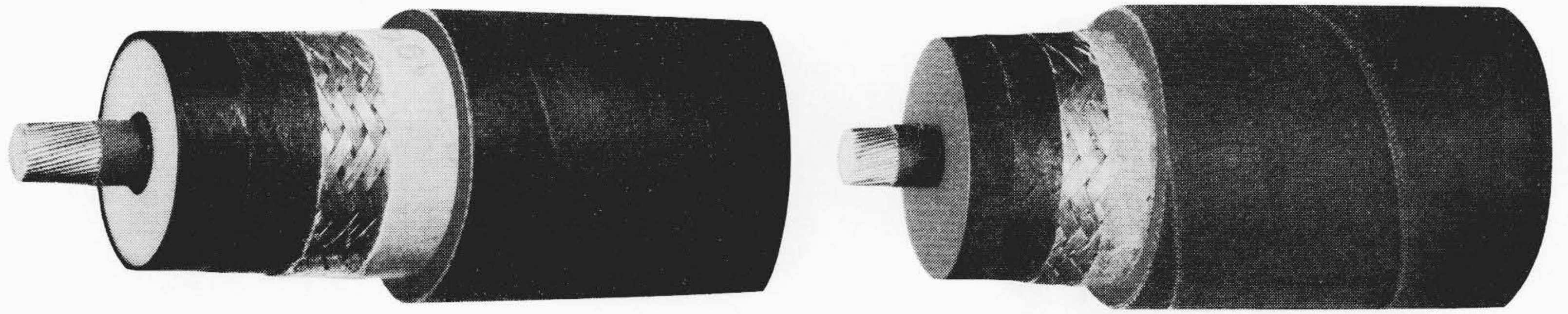
2.1 110 kV 級移動用ケーブル設計基準

今回日立電線株式会は北海道電力より 110 kV 単心 100 mm² 移動用ブチルゴムケーブル 60 m 3 条ほか付属品 1 式を受注した。中性点直接接地系統であるため異常電圧その他絶縁階級は 70 号相当であるが、使用時には線間 110 kV が印加されるので 77 kV 級用そのままでは不十分である。

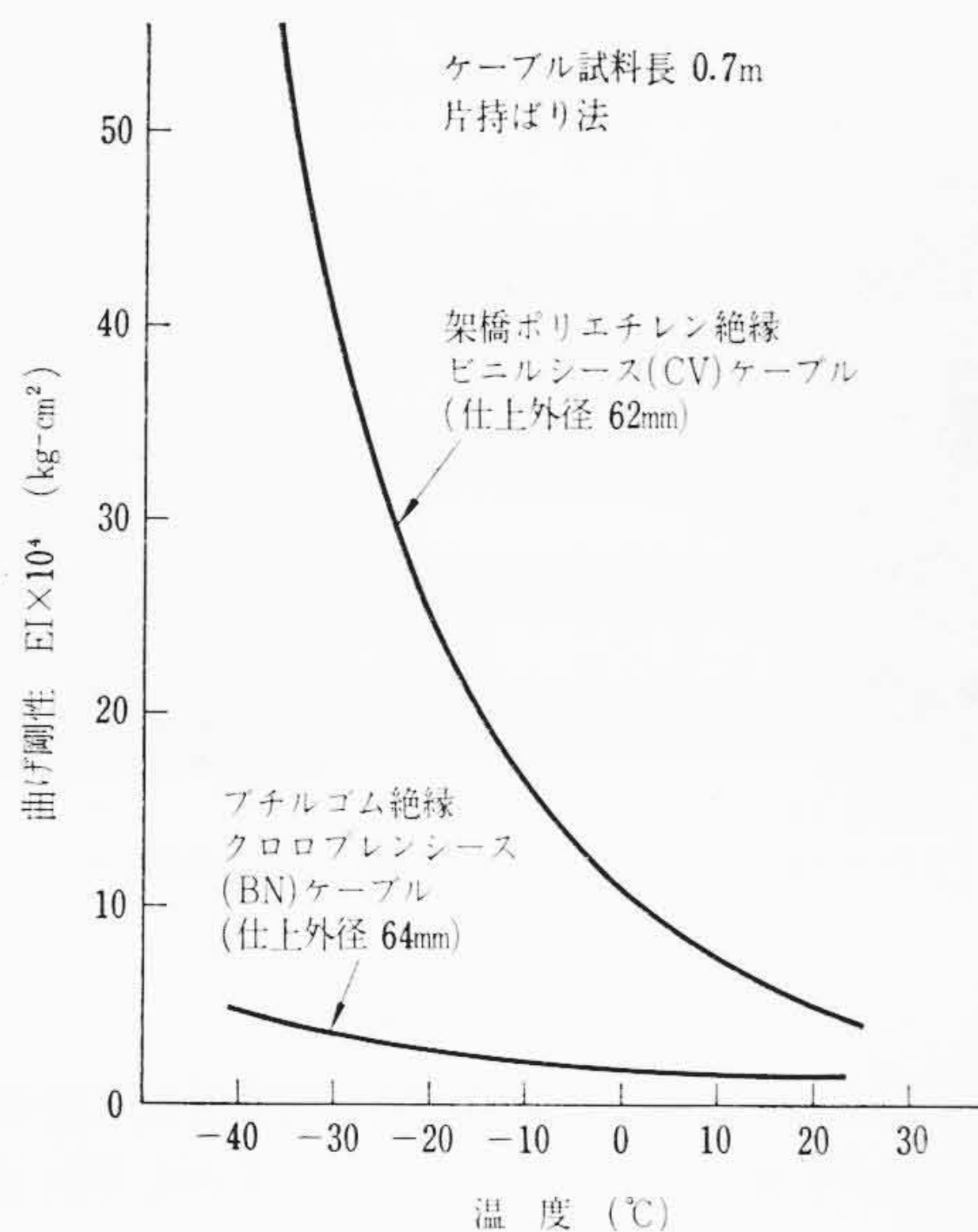
設計の基準となる試験電圧は電気学会で制定した“OF ケーブルの高電圧試験法に関する推奨案”に基づき第 1 表のように定められた。すなわち中性点高インピーダンス接地系統の 100 号相当に比べ低減絶縁が可能であり、70 号に近いが長時間破壊電圧はシビヤになっている。77 kV ケーブルの特性⁽¹⁾⁽²⁾、取扱いやすさ、印加時間が比較的短いことを考慮して、77 kV と同一の 20 mm の絶縁厚を採用

第 1 表 110 kV 移動用ケーブルの設計基準値

ケーブル使用電圧	110 kV	110 kV	77 kV	66 kV
接 地 方 式	中性点直接接地	中性点高インピーダンス接地	中性点高インピーダンス接地	中性点高インピーダンス接地
交 流 耐 電 圧 (わ く 試 験)	110 kV 10 分間	140 kV 10 分間	110 kV 10 分間	95 kV 10 分間
交流長時間耐電圧 (試 料 試 験)	170 kV 10 kV/1 時間 昇 圧	210 kV 10 kV/1 時間 昇 圧	150 kV 10 kV/1 時間 昇 圧	130 kV 10 kV/1 時間 昇 圧
衝 撃 耐 電 圧 (試 料 試 験)	480 kV 20 kV/3 回 昇 圧	660 kV 20 kV/3 回 昇 圧	480 kV 20 kV/3 回 昇 圧	420 kV 20 kV/3 回 昇 圧



左 架橋ポリエチレン 右 ブチルゴム
第1図 77 kV 1×100 mm² 移動用 ケーブル



第2図 77 kV 1×100 mm² 移動用ケーブルの温度—曲げ剛性特性

したが、製品特性の目標値を100号におき絶縁体の配合内容をさらに吟味検討して特別高圧用配合を開発使用することとした。

2.2 低温屈曲特性

この種ケーブルは取扱い上屈曲特性が重要で絶縁体材質を選択する場合基準の一つとなる。66 kV ケーブルの常温における屈曲特性については、0.5～1.5 m の片持ばり法により曲げ剛性 EI 値は、架橋ポリエチレンがブチルゴムの2.4～1.7倍であるが実用上問題ないことを既報⁽³⁾したが、低温時の特性がどのようなかを検討した。

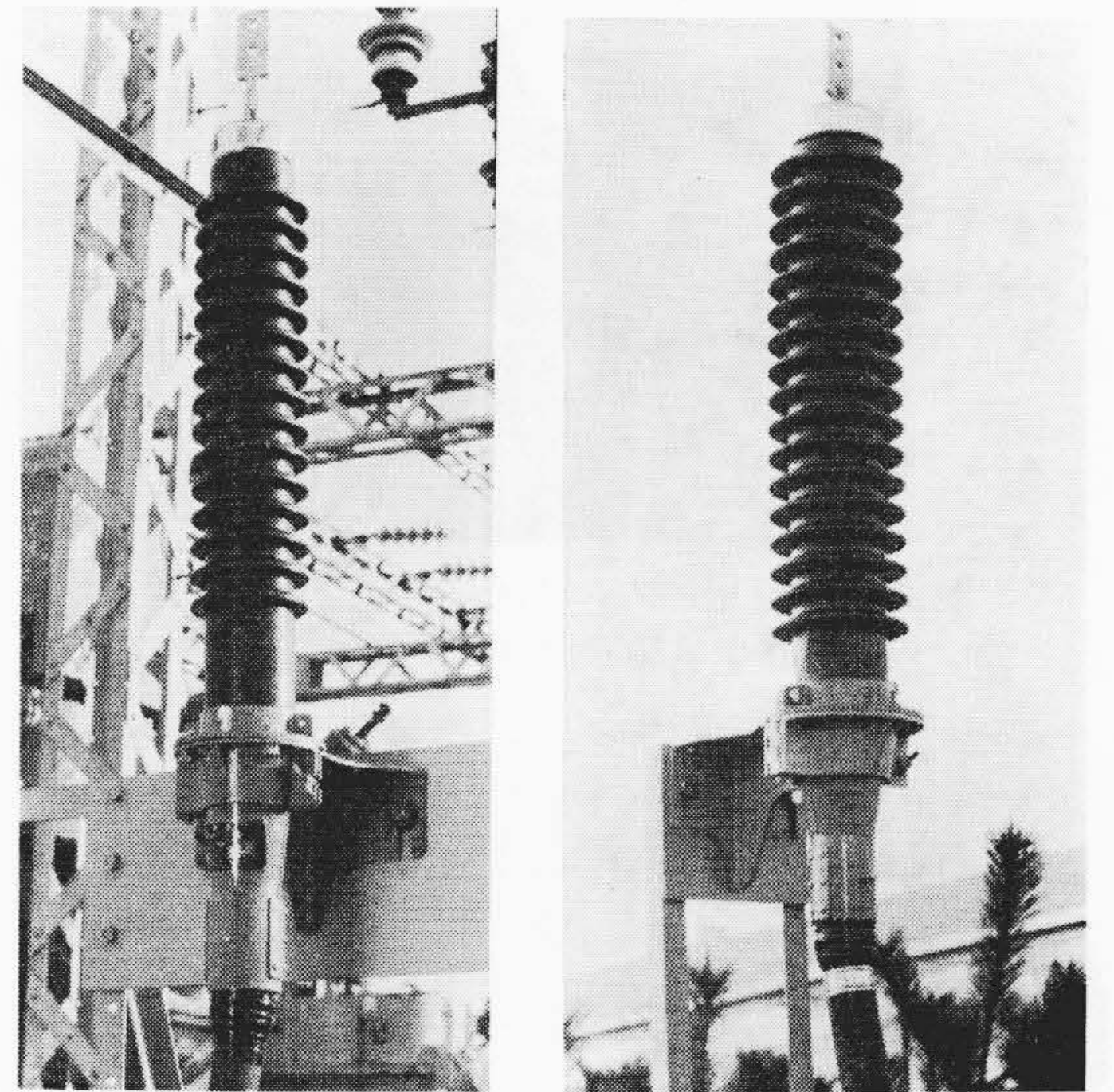
試料としてはいずれも77 kV 単心100 mm² のケーブルを用いた。第1図はその構造外観を、第2図はその結果を示したものであるが、架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル(以下 CV と略す)では23～35℃の変化がEI値で約12倍となるのに対し、ブチルゴム絶縁クロロプレンシースケーブル(以下 BN と略す)では約2.7倍であり絶対値も小さい。

また低温槽内 -35℃ でのマンドレル巻付け試験でも BN ケーブルは自己径の5倍径でも問題ないが、CV ケーブルでは4名の人力でやっと20倍径に曲げ得る程度であった。したがって北海道のような寒冷地ではCV ケーブルはきわめて剛直となり移動用としては取扱いがたく、ブチルゴム系のケーブルを使用する必要がある。

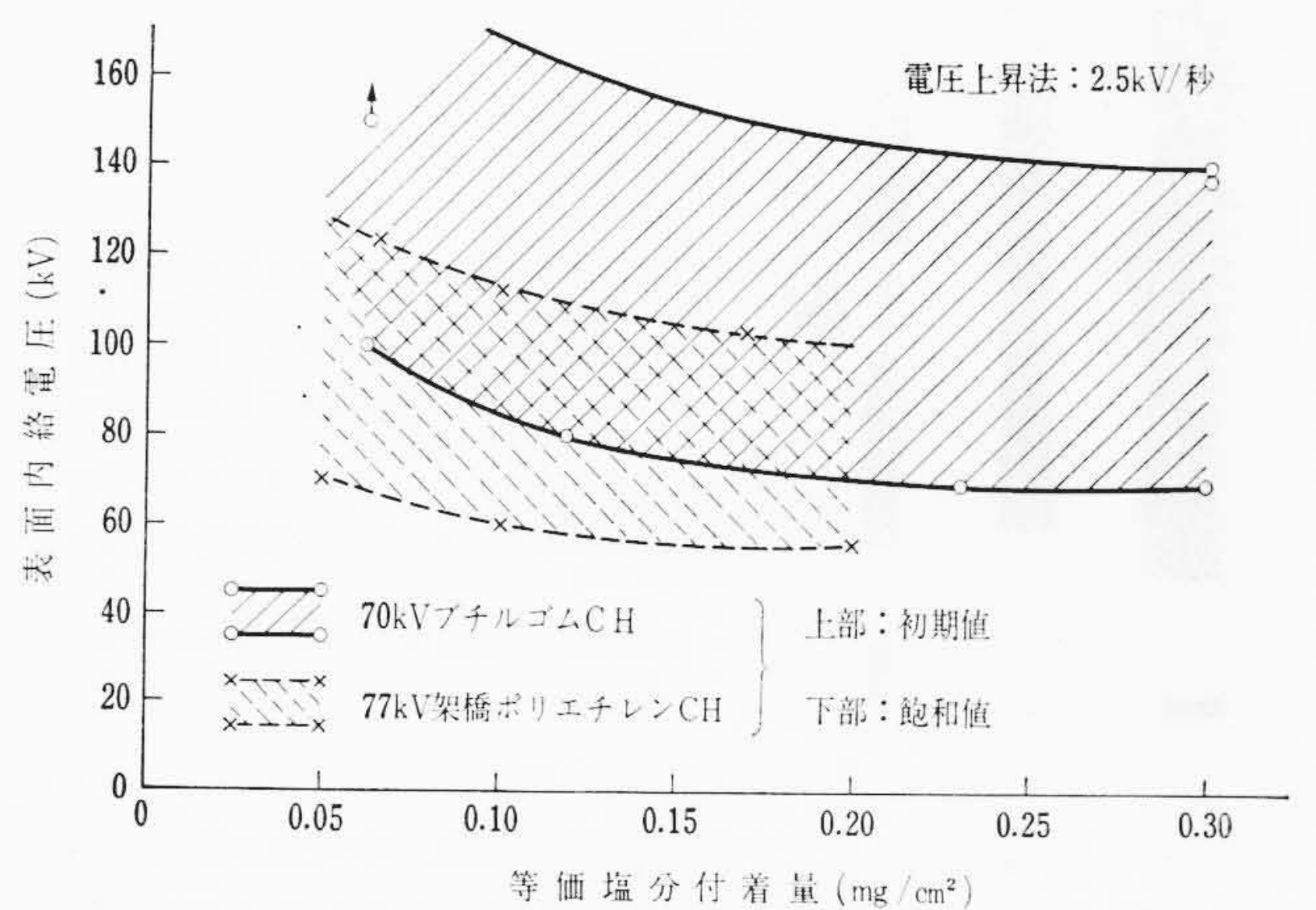
3. ケーブルヘッド

この種ケーブルの特長の一つは単位条長のケーブル両端にCHを取付け済で、使用場所で直ちに加電できることである。しかしCH付のケーブルを延線、収納するのでCHは当然軽量で機械的強度が大でなければならず、原則としてブチルゴムまたは架橋ポリエチレンなどによるモールド構造が採用される。

66～110 kV: コンデンサ分圧形ブチルゴムまたは架橋ポリエチ



(左 架橋ポリエチレン 右 ブチルゴム)
第3図 77 kV コンデンサ分圧形モールドケーブルヘッド



第4図 77 kV コンデンサ形モールド CH の等価霧中せん絡特性

レンモールド CH (ケーブル絶縁体と同一系統材料使用)

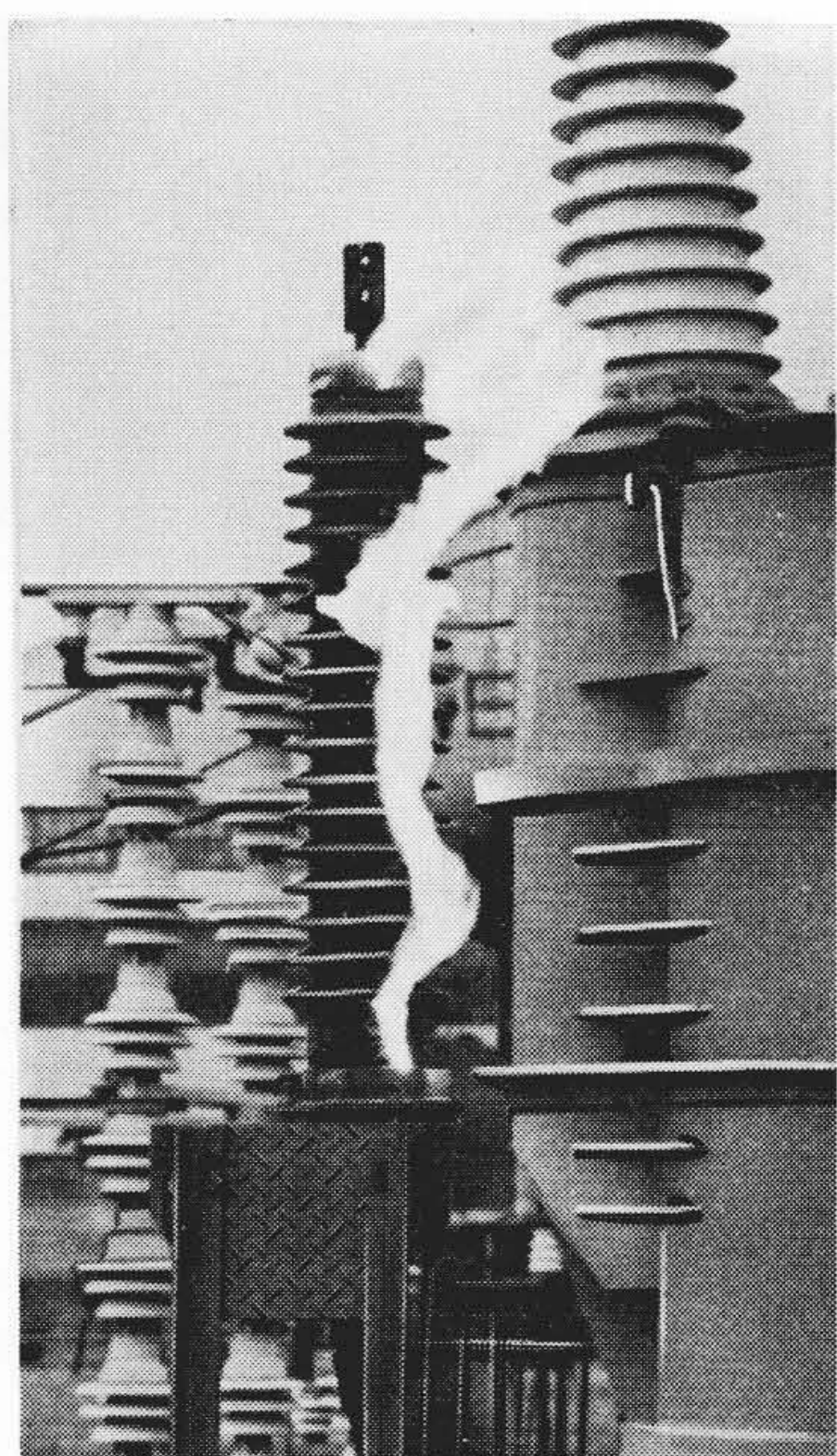
3.3～33 kV: 遮へい形ブチルゴムモールド CH (60 mm² 以上の比較的大サイズの移動ケーブル用)

3.3～6.6 kV: 遮へい形ブチルゴムモールドプラグイン方式 CH (38 mm² 以下の比較的小サイズ配電線バイパスケーブル用)

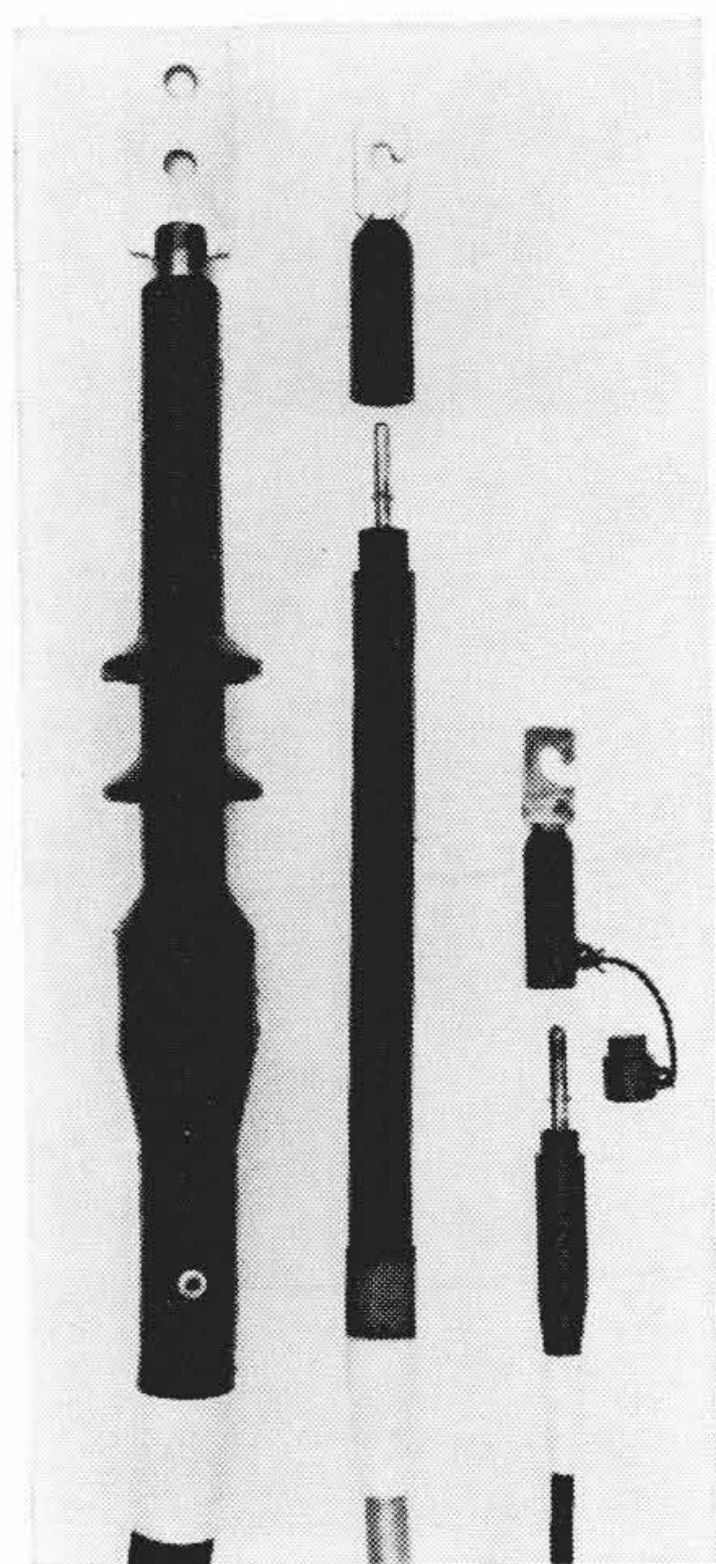
600 V: ゴムモールドプラグイン方式 CH (配電線バイパス用)

3.1 66～110 kV 級モールド CH

この級の CH は寸法を小さくするためコンデンサ分圧形としているが、電位分布が均一で交流電圧に対しては十分な裕度があり、衝



第5図 77 kV ブチルゴムモールドヘッド
の等価霧中試験状況（せん絡瞬間）



- (左) 6.6 kV 遮へい形ブチルゴムモールド
移動ケーブル用
- (中) 6.6 kV 遮へい形ブチルゴムモールド
プラグイン方式（端子ソケット付）バ
イパスケーブル用
- (右) 600 V ゴムモールドプラグイン方式
（端子ソケット付）バイパスケーブル
用

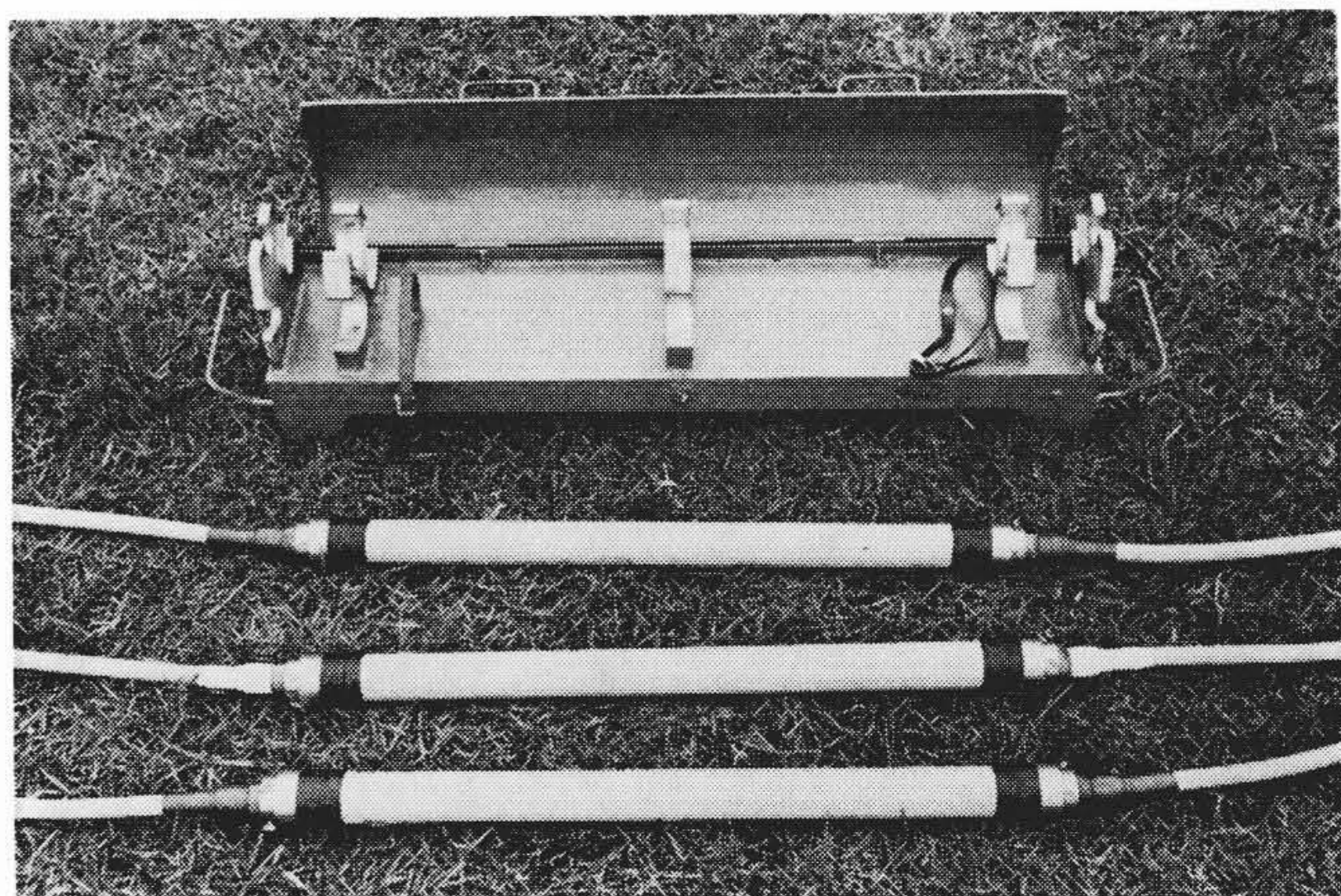
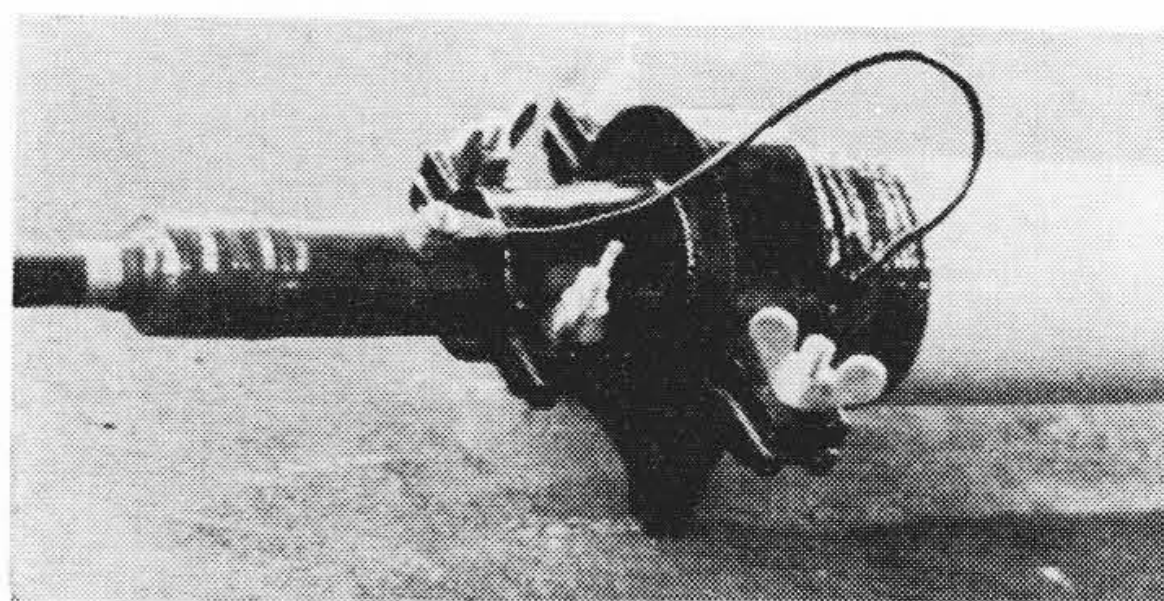
第6図 各種モールドケーブル
ヘッド

撃電圧せん絡特性によって寸法が決定される。中性点直接接地系統の110 kVでは異常電圧などは70号と同一とみられるのでCHは77 kV用と同一寸法とした。

この級の架橋ポリエチレンCHについてはすでに詳報⁽⁴⁾⁽⁵⁾したので省略し、ブチルゴムCHの耐汚損特性について略述する。第3図はブチルゴムおよび架橋ポリエチレンCHの外観であるが、前者は後者に比較し胴径およびかさ径が大きく、全長は短いがかさ枚数が多いため漏えい距離は大きく重量も多少重い。

CHの等価塩分付着量は架橋ポリエチレンCHの場合と大差ないが、繰返しによる撥水性の減水による変化は少ない。

等価霧中電圧上昇法によるせん絡特性は第4図に示すとおりであるが、架橋ポリエチレンと同様数回のせん絡によりその値は飽和してくるが、絶対値はかなり良好で胴径および漏えい距離が大きいことによると考えられる。なおそのせん絡時の状況は第5図に示すとおりであるが、試験完了後表面のトラッキング現象や外傷は皆無である。



- (上) 6.6 kV 移動ケーブル用
- (下) 6.6 kV バイパスケーブル用（遮へい筒、保護箱付）

第7図 中間接続部

また重汚損地区での比較的長期使用時に問題となる活線洗浄もジェット方式および噴霧方式で行なったが、いずれも等価塩分付着量 0.3 mg/cm^2 まで60 kV以上であり問題のないことが確認された。

3.2 33 kV 以下用モールド CH

この級のCHは電気的には遮へい形で十分であり、CHをつけたままドラムに巻き込むことを考慮するとたわみ性があることが望ましく、すべて耐トラッキング性のよいブチルゴムによるモールドを行なっている。第6図はこれら各種CHの外観であるが、雨覆数が33, 22, 6.6 kVではそれぞれ5, 4, 2個となる。6.6 kV以下の配電線バイパス用では端子付ソケットおよび中間接続アダプタにプラグインできる方式としてある。

この種遮へい形CHの各種電気特性、雨覆の取付位置と特性の関連などについては詳報^{(6)~(8)}されているが実用上問題ない値である。

4. その他付属品

両端CH付ケーブルの適用性を広げ、迅速容易に作業を行なうため種々の特殊付属品が開発されている。

4.1 中間接続器具

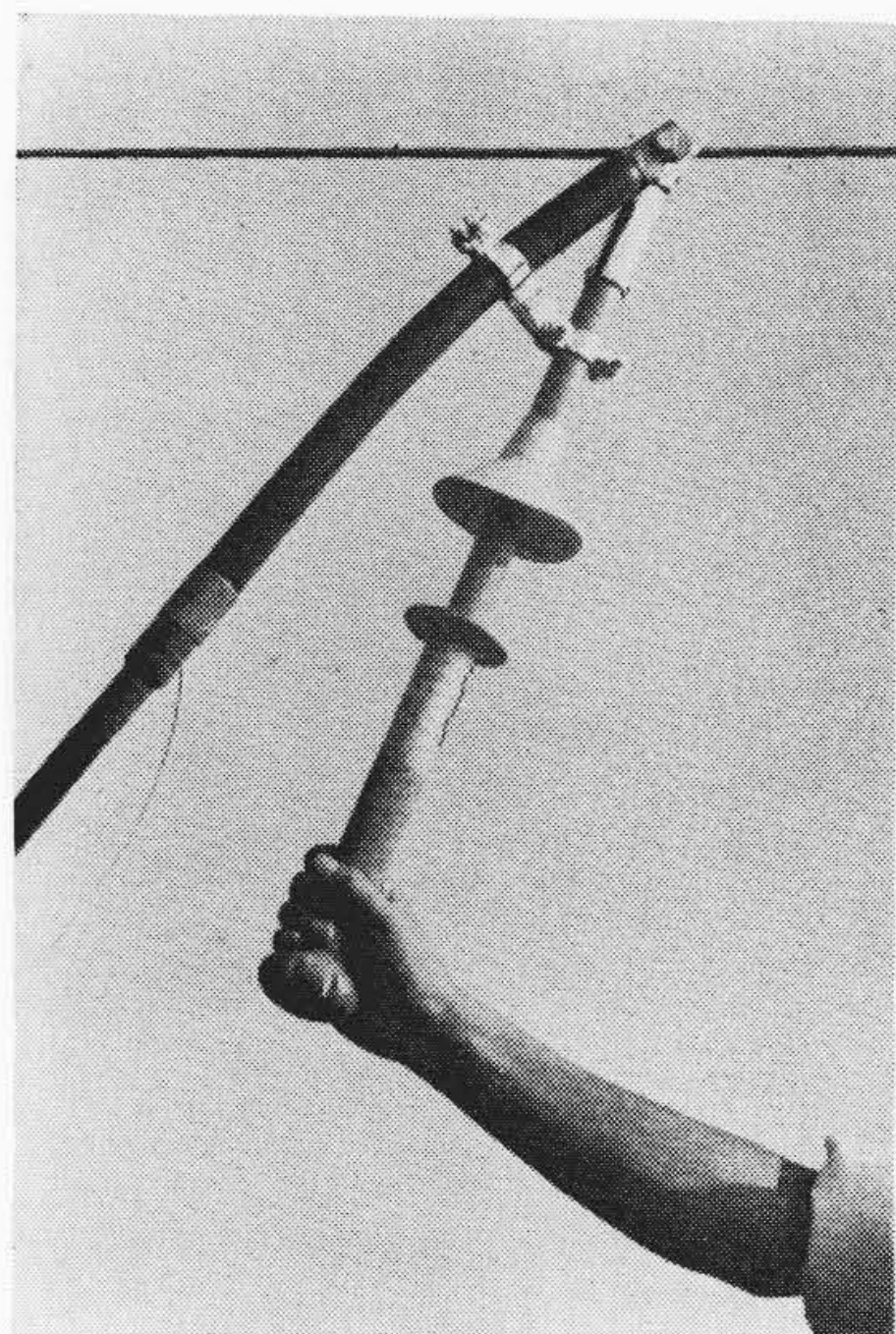
布設所要条長がケーブル単位長より長い場合に使用する中間接続器具として特殊な工具、材料を用いず誰にでも反覆使用できる方式を開発した。

移動ケーブル用ではCH先端の端子をボルト締めし、この導体露出部には絶縁筒をかぶせ分解組立の容易な保護筒内に入れる方式とし、バイパス用では接続用アダプタの両側にプラグインし、耐張力導体接続と水密絶縁体接続が行なわれ、3.3, 6.6 kV用ではさらに遮へい用保護筒を併用できる方式とした。第7図はそれらの接続状況を示したものである。

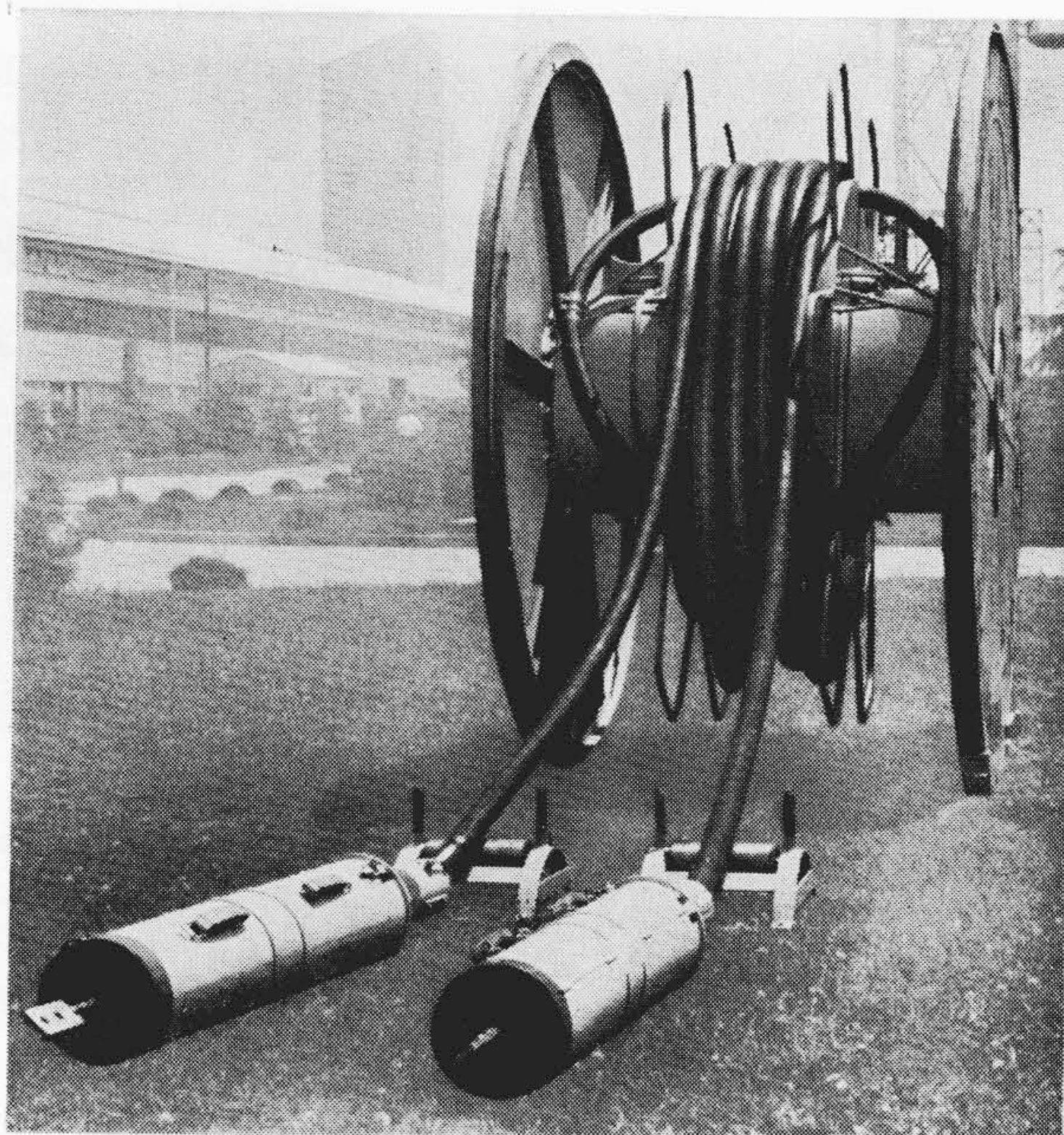
直統接続のほかT, Y状の分岐接続器具も製作している。

4.2 活線接続器具および検相器

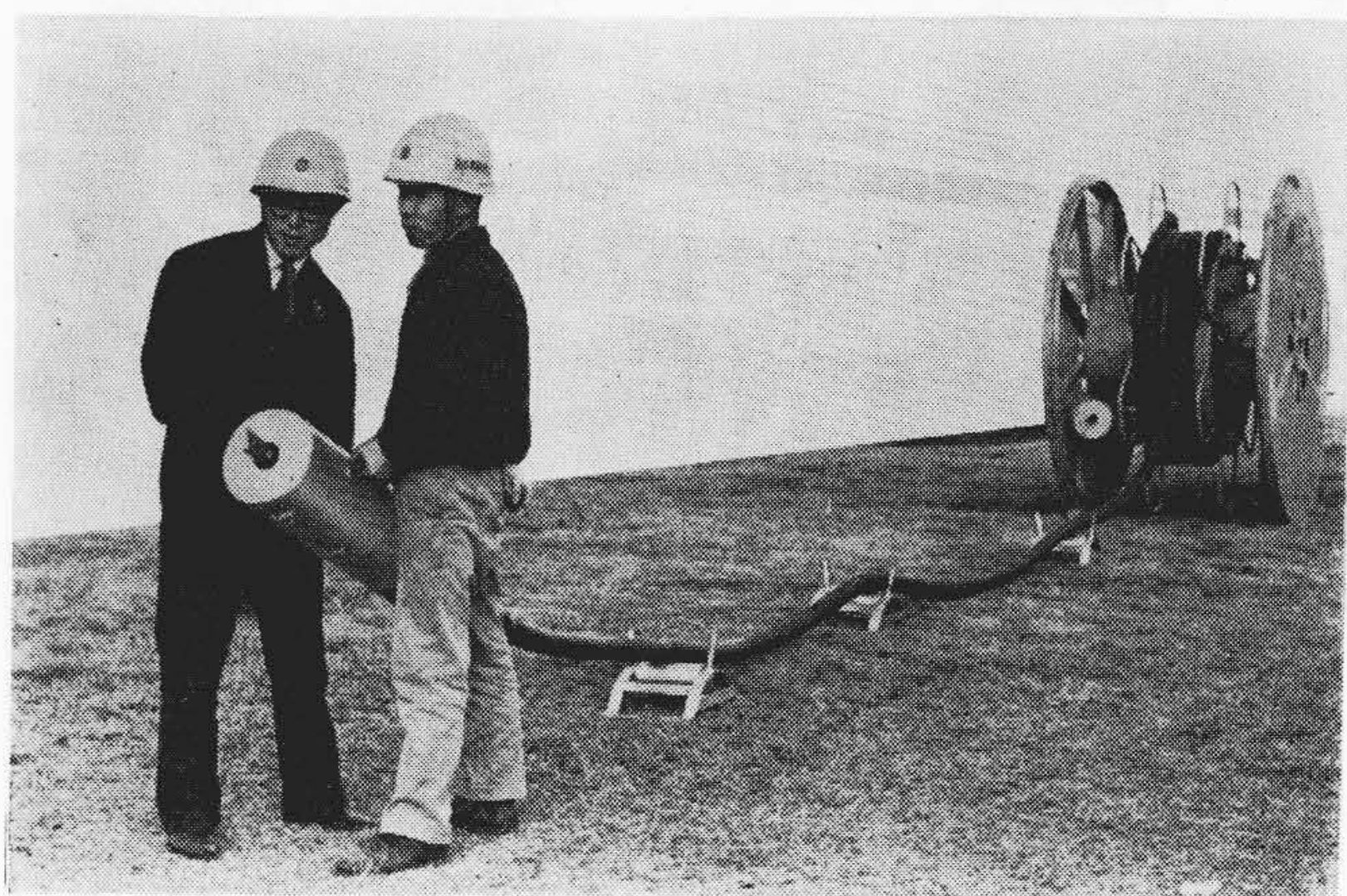
配電線工事を完全無停電で行なうには、活線状態で安全確実にケーブル端末を継ぎ込みできる工具と、ケーブル両端を異相に誤接続しないように確認する検相器が必要である。活線接続器具は従来か



第8図 バイパスケーブル用
活線接続工具



第10図 66kV移動ケーブル用
両端同時引出2重回転形ドラム



第9図 2重回転形ドラムによる77kV移動用ケーブルの延線状況

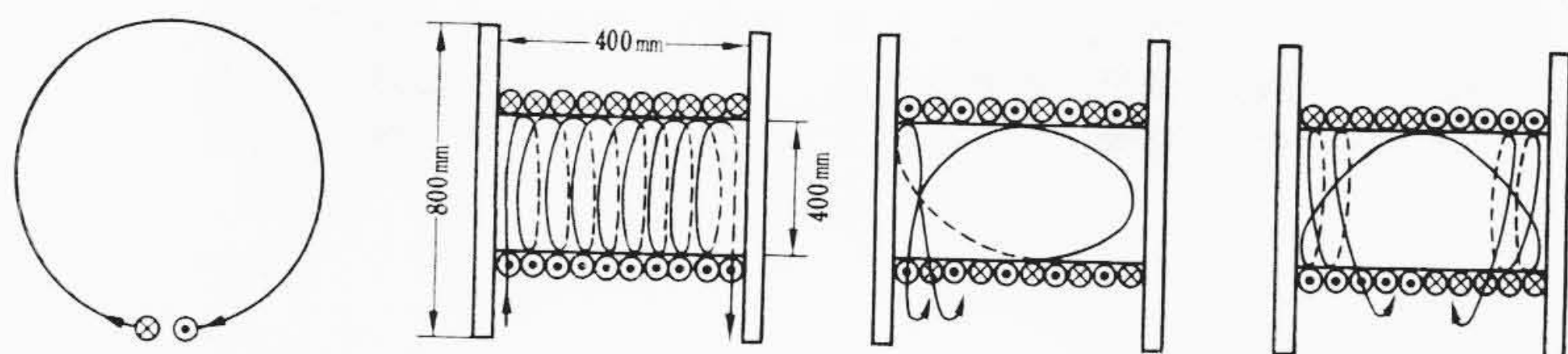
ら配電線工事に使用されているものと基本的には同じであり、第8図はその使用状況を示したものである。検相器としては異相接続ではケーブル両端に電圧が加わる点に着目し、電圧計、放電灯などを使用する。

比較的大きな送電容量を持つ移動ケーブルについても特殊なCH支持架台を使用する活線接続方式などを検討中である。

第2表 各種ドラム巻付け方式による通電特性
600V 22mm² バイパス電線 50m 巻付け (直流抵抗 0.0399 Ω/50m)

巻付け方式		通電電流(A)	試料端電圧 (V)	インピーダンス (Ω)	電圧電流位 相角	インピーダンスの ベクトル (Ω)
全長延線A		75.6	3.71	0.0491	27°40′	$Z=0.0435+j0.0228$
鉄製 ドラム	B	73.8	33.05	0.4478	38°24′	$Z=0.351+j0.2780$
	C	77.9	3.67	0.0472	9°18′	$Z=0.0465+j0.00762$
	D	81.2	16.32	0.2009	60°18′	$Z=0.0987+j0.1741$
木製 ドラム	B	84.4	13.98	0.1656	66°21′	$Z=0.0663+j0.1515$
	C	84.3	3.44	0.0408	6°42′	$Z=0.0405+j0.00475$
	D	88.5	7.82	0.0884	55°47′	$Z=0.0497+j0.0730$

A 全長ループ B 通常巻き C 折り返し巻(1) D 折り返し巻(2)



4.3 その他

CH支持用ブラケットとしては着脱容易な蝶番開閉式大形用、L形鋼などの鋼材部に任意に取付可能な小形用などを実用化している。

ケーブル延線用ガイドローラをはじめ、バイパスケーブル架設用の着脱容易な引留金具、長スパン架設用仮メッセンジャーワイヤおよび巻取器などの付属品も完備している。

5. ドラム

これらケーブルはその迅速性、取扱い性のうえでドラムの占める役割りはきわめて大きい。日立電線株式会社ではこの点を考慮し種々の独創的延線運搬方式を開発しているが、これらに対する要望事項は下記のとおりである。

- (1) 延線位置まで運搬後直ちに延線ができること。
- (2) 延線時の損傷、労力の点よりドラム移動延線方式が望ましい。
- (3) 短区間使用では必要条長のみ引出し巻き残し通電可能なこと。
- (4) 少数の人員で迅速容易に取り扱いができるとともに保守が容易なこと。

5.1 2重回転形ドラム

従来ドラムは必ずジャッキなどを用いて延線したが、延線収納を反覆するこの種用途には不適であった。昭和38年77kV移動ケーブル用に日立電線株式会社が考案した2重回転ドラム(実用新案出願中)を初めて納入したが、多大の反響を呼び現在ではこの種ケーブルドラムはほとんどこの方式が採用されている。ドラム胴が二重になり外部ドラムのみが自由に回転するので作業がきわめて容易であり、付属品類もすべて内部に収納されている。第9図はその延線状況を示したものである。

5.2 両端引出し形ドラム

短区間バイパス作業をしばしば行なう本ケーブルでは、必要条長のみ任意に引出し、そのまま通電できること、延線収納とも短時間でこなえることが望ましい。日立電線株式会ではこれについてもケーブルをドラム胴上で折り返して巻付ける画期的な方法を考案(特許出願中)して種々のドラムに適用している。

この方式によればケーブル両端末同時引出しの方向、条長も任意であり、従来不可能だった巻き残しケーブルの通電も可能となる。これを確認する通電実験⁽⁹⁾の概要は第2表に示すとおりである。

各種巻付け方法で交流50c/sを通電し、交流電位差計により電流、電圧値、位相角を測定する。約80A通電時において通常巻きはインピーダンスが大きく発熱し100℃以上となるのに対し、折り返し方式は問題ないことが確かめられた。さらに3相併列に巻き付ければ各相電流によりフラックスの打消し効果があらわれ、20kV単相60mm²ケーブル3条を第2表に示すD方式で通電実験を行なったが温度上昇はきわめてわ

ずかであった。第10図は66kV級に適用した1相巻き、第11図は6.6kV級に適用した3相巻きD方式、第12図はバイパスケーブルに用いたC方式の実用例を示したものである。

5.3 移動延線方式

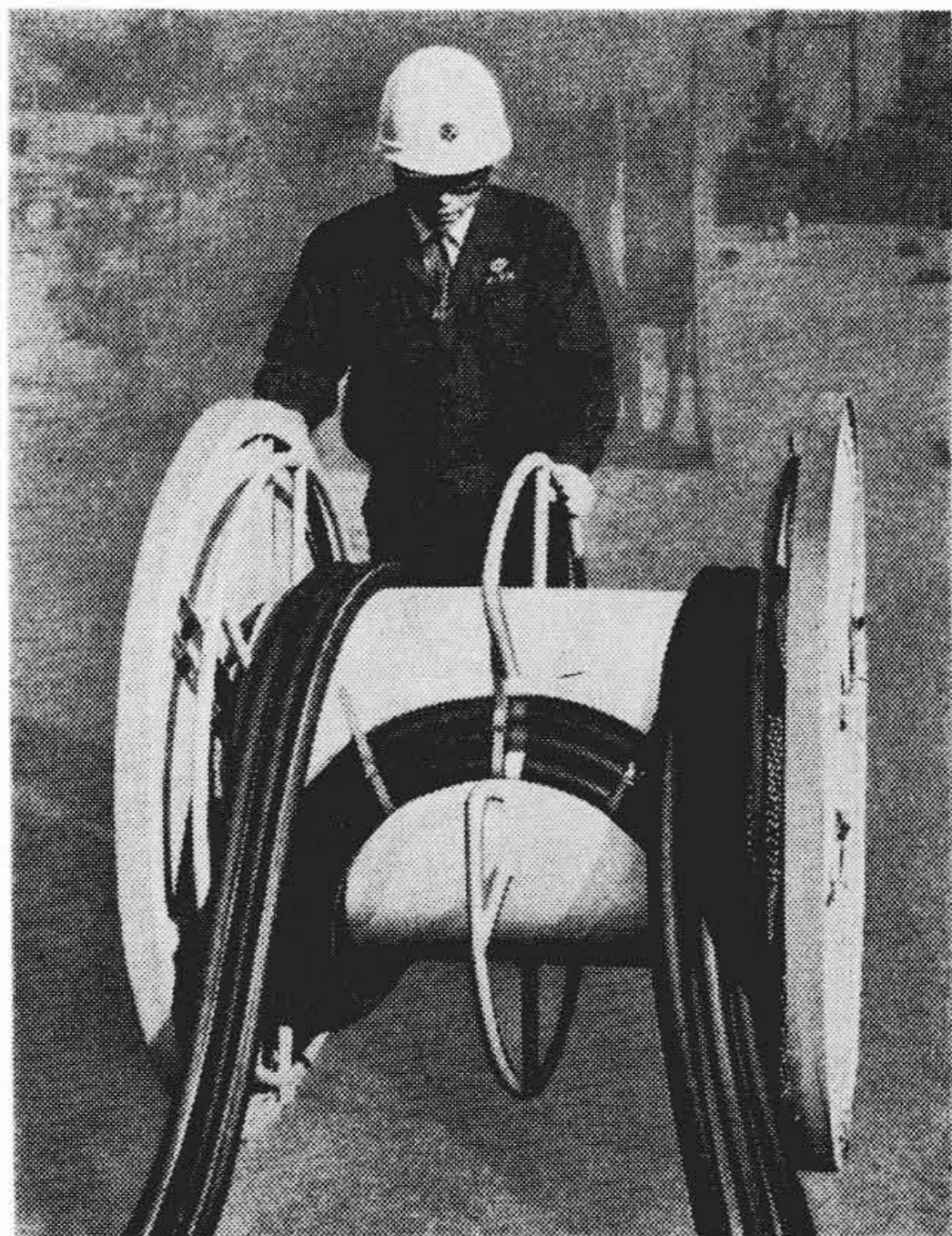
ドラム位置固定での延線方式ではケーブルの引きずりは避けられずまた機動性に欠ける。これに対しバイパスケーブル用に新しく移動延線方式を開発(許特・実用新案申請中)した。車輪付なので延線位置までの運搬が迅速で、布設ルートに沿って移動延線を行なうのでケーブルの引きずりもなく屈曲あるルートでも作業が容易である。

比較的小サイズ短尺ケーブルには第13図に示す各リールに車輪のついた方式を用い、大サイズ長尺ではドラムの着脱が容易で台車上で自由に回転可能な特殊運搬延線兼用台車を用いる方式を採用する。これは普通形(折り返し形も可)ドラム

と台車の組み合わせなので経済的であり、約500kg程度まで積載可能で第14図に示すように応急用ケーブルにも多用されている。このほか軌道のレール上を移動可能な一輪車方式など目的により種々の方式を製作している。

6. 結 言

- (1) 絶縁体はブチルゴム、架橋ポリエチレンが用いられ、110kV級も製品化されている。低温ではCVケーブルは剛直となる。
- (2) 66kV以上のCHはブチルゴム、架橋ポリエチレンコンデンサ分圧形が用いられ、両者の耐汚損特性は同等である。
- (3) 33kV以下はブチルゴムモールド遮へい形、配電線バイパス用にはプラグイン方式が用いられる。
- (4) 中間接続、活線接続器具など多くの特殊付属品がある。
- (5) ドラムは2重回転形、両端同時引出し形、移動延線方式など多くのものが開発されており、用途に最適のものが選択できる。



第12図 6.6kV バイパスケーブル用折り返し巻ドラムによる延線状況

第11図 6.6kV 移動ケーブル用3相並列巻き
両端同時引出2重回転形ドラム



(応急ケーブル1相巻付普通形ドラム使用)

第14図 運搬延線兼用台車による移動延線状況

(600V バイパス電線3相分離巻付形)

第13図 特殊車輪付リール

以上は現状要約であるが、今後の動向として、エチレンプロピレンゴムが新しい絶縁材料として有望である。そのすぐれたたわみ性、耐オゾン性、電気特性および軽量化などはこの種用途として好適で、日立電線株式会社においても試作検討中で、間もなく製品化されると考えられる。

終わりに有効適切なご指導をいただいた各電力会社その他需要家の変電、配電ご関係者および開発、製造においてご協力をいただいた日立電線株式会社関係各位に深く謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 増岡, 吉岡, 橋本, 浜田: 日立評論 45, 11 (昭 38-11)
- (2) 増岡, 吉岡, 加藤, 北村, 佐藤: 電四連大 953 (昭 39)
- (3) Masuoka & Others: Hitachi Review 13, 3 (1964)
- (4) 依田, 佐藤, 熊谷, 浜田: 日立評論 46, 7 (昭 39-7)
- (5) 佐藤, 依田, 浜田, 石下: 電四連大 602 (昭 39)
- (6) 依田: 電気学会誌 80, 858 (昭 35-3)
- (7) 富田, 橋本, 加藤, 佐藤: 電四連大 905 (昭 36)
- (8) 依田, 佐藤, 留目: 電学会東京支大 253 (昭 34)
- (9) 増岡, 深谷, 三上: 電学会東京支大 289 (昭 39)