

地中配電用 6 kV 級ケーブルおよび付属品の開発

Development of 6 kV Power Cable and Accessories Used
for Underground Distribution System

浜田 義雄*
Yoshio Hamada

村木 浩二*
Kôji Muraki

井出 成夫*
Shigeo Ide

多田 誠*
Makoto Tada

佐藤 祈美男**
Kimio Satô

要 旨

配電近代化の一環として 20 kV ケーブル線路に関しては新しいケーブル、付属品を開発したが、引き続き 6 kV 地中配電用ケーブル関係の検討を行なってきたので、その結果を報告する。ケーブルとしては各心シースケーブルの 3 条より合せ形（トリプレックス形）とし各種付属品には挿入形接続方式を全面的に採用した。

1. 緒 言

電力流通機構の合理化を図るため、近年地中配電用ケーブル系統の近代化の要求がますます強くなってきている。これら配電用ケーブル系統に対しては高い信頼性はもちろんであるが、特に小形化、省力化の要求が強く従来の送電用ケーブル関係とはやや異なった観点からの検討が必要である。最も汎（はん）用的に使用されている 6 kV 系統に対しても引き続いて検討を進めてきた。開発の基本的方針としては、ケーブルのトリプレックス形化、ゴム、エポキシ樹脂成形品の利用によるケーブル挿（そう）入接続方式の採用を根拠としているが以下にケーブルおよび各種接続部の開発結果を報告する。

2. ケーブル

2.1 ケーブルの種類

現在 6 kV 系統のケーブル絶縁材料は架橋ポリエチレン、EP ゴム、ブチルゴムなどのゴム、プラスチックが最も一般的である。22 kV 系統と比較すると 6 kV では通常の電気的使用条件がゆるいため、前記材料（特に架橋ポリエチレン）の高度の電気特性をあわせ考えると電気的にはほとんど問題なく、ケーブルの信頼性も高い。6 kV 地中配電用ケーブル構造としては、22 kV ケーブルにおける先の総合的検討⁽¹⁾で判明した結果を 6 kV 級にも生かすため、従来の共通シース形ケーブルに換え単心ケーブルを 3 条より合わせたトリプレックス形とした（図 1）。以下取扱い性と 6 kV 級では特に問題と考えられる短絡特性について述べる。

2.2 取扱い性

ケーブル取扱い性の目安を得るため、6 kV 3×150 mm² 各種ケーブルの EI 値を測定した。表 1 はその結果である。トリプレックス形ケーブルは介在物、一括シースのないことから EI 値が低くたわみ性にすぐれ取り

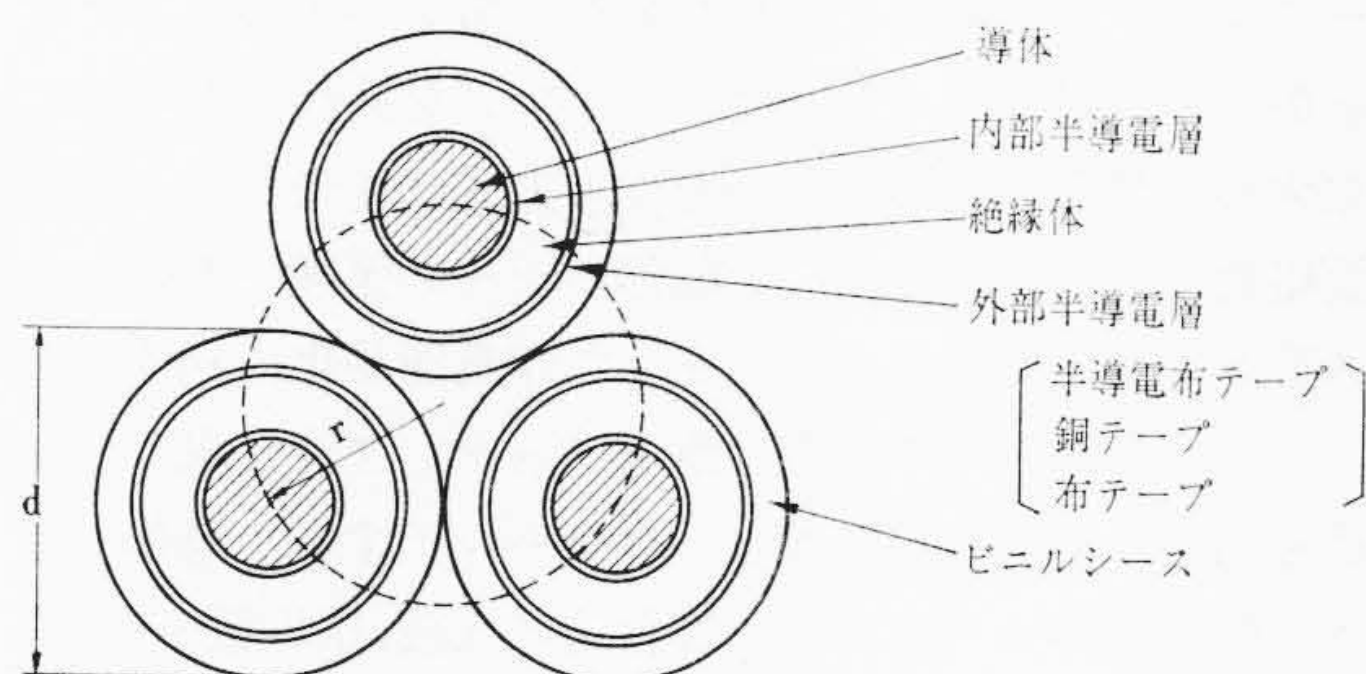


図1 ケーブル構造の概要

* 日立電線株式会社日高工場

** 日立電線株式会社研究所

扱いやすいケーブルである。なおトリプレックス形ケーブルは構造が特殊なため管路口防水装置が複雑になるという問題があるが、これに対してはより合わせ中心部の空けきをなくし充実形としたケーブルを開発、実用化して、防水装置構造の簡略化に大きな効果を上げている。

2.3 短絡特性

2.3.1 試験目的

従来トリプレックス形では 22 kV ケーブルについて短絡試験を、種々行なってきたが⁽²⁾、今回 3~6 kV 級を対象として、3 kV 3×100 mm² 共通シース形およびトリプレックス形（仕様は 6 kV と全く同一）架橋ポリエチレンケーブル（CV）につき 3 相短絡試験を実施し、特性を確認した。本試験の主目的は、
(1) 共通シース形とトリプレックス形の特性比較
(2) トリプレックス形のよりピッチの影響
(3) 短絡時に発生する機械力の測定
などである。

表1 各種ケーブルの EI 値

ケーブル形状	導 体	絶 縁 体	略 号	ケーブル外径 (mm)	EI 値 (kg/cm ²)
トリプレックス形	円 形	充てん剤入り架橋ポリエチレン	QV	66	5.2×10 ⁴
共通シース形	円 形	架橋ポリエチレン	CV	62	8.5×10 ⁴
	扇 形	架橋ポリエチレン	CV	56	8.45×10 ⁴

(注) ケーブルはいずれも 6.6 kV 3×150 mm²

表2 短絡試験結果

試 料 番 号	1	2	3*	4
試 料 形 状	トリプレックス	トリプレックス	トリプレックス	共通シース
よ り ピ ッ チ (mm)	500	750	500	560
平均第1波最大波高値 (kA)	87.4	94.1	97.2	98.4
通 電 時 間 (s)	0.16	0.16	0.14	0.14
平均導体温度上昇 (℃)**	385	404	278	260
計算半径方向電磁力† (kg/m)	2,700	3,135	3,350	—
ねじれモーメント (kg-m)	計算値†	9.4	16.3	11.7
	測定値	9.0	12.1	7.7
軸 方 向 張 力 (t)	計算値†	3.6	9.4	4.5
	測定値	3.0	6.5	5.2

(注) * 試料 No. 3 は 5 インチ鋼管中にケーブルを引き入れて短絡

** 温度はしゃ断時の電流・電圧より抵抗法にて算出

† 機械力の計算は次式による

$$\text{電 磁 力 } F = \frac{1.77}{d} I^2$$

$$\text{モーメント } Q = \frac{3rF\sqrt{(2\pi r)^2 + p^2}}{2\pi}$$

$$\text{張 力 } T = \frac{3rFp\sqrt{(2\pi r)^2 + p^2}}{(2\pi r)^2}$$

ただし

I : 実効電流 (kA)

d : 線心外径 (cm)

p : よりピッチ (m)

r : ケーブル中心と導体中心距離 (m)

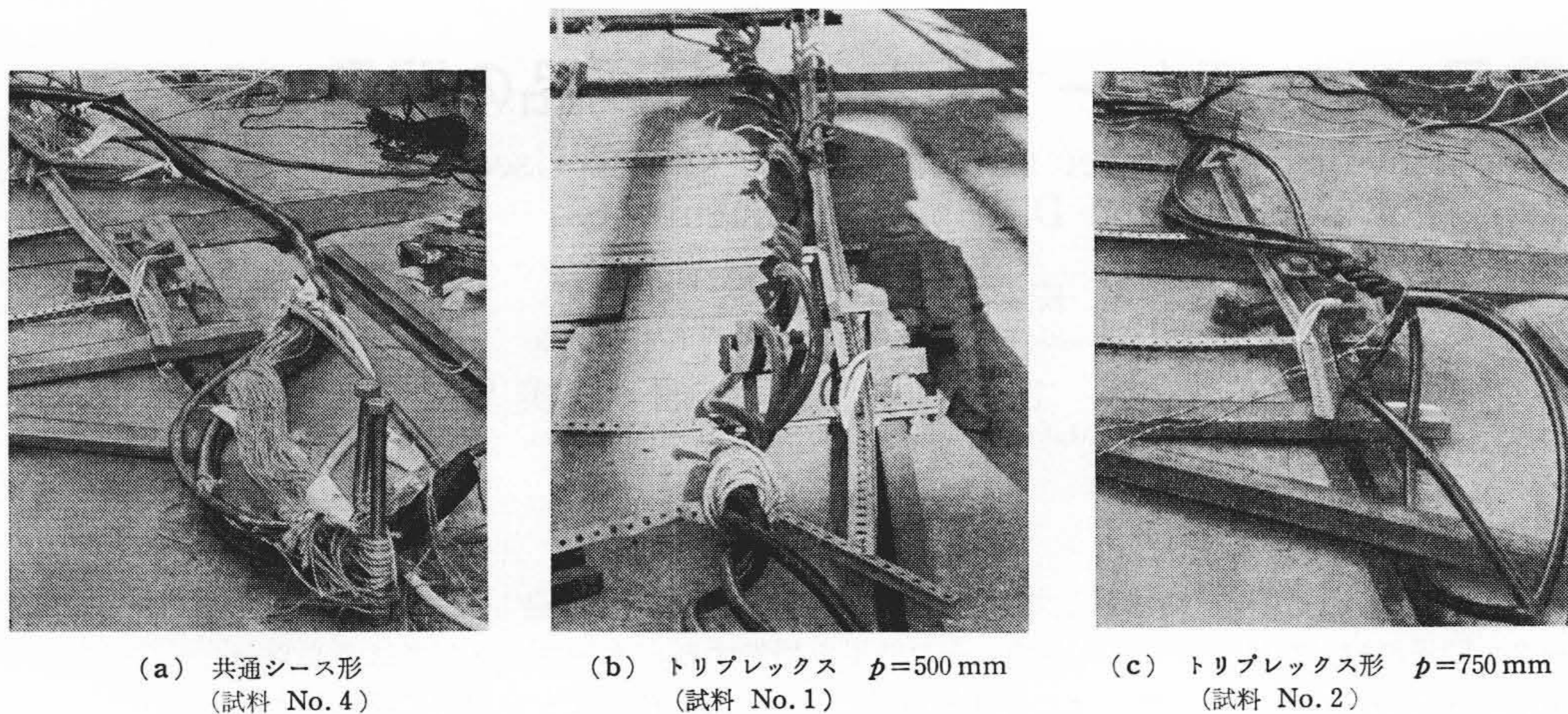


図2 短絡後の各種ケーブルの状況

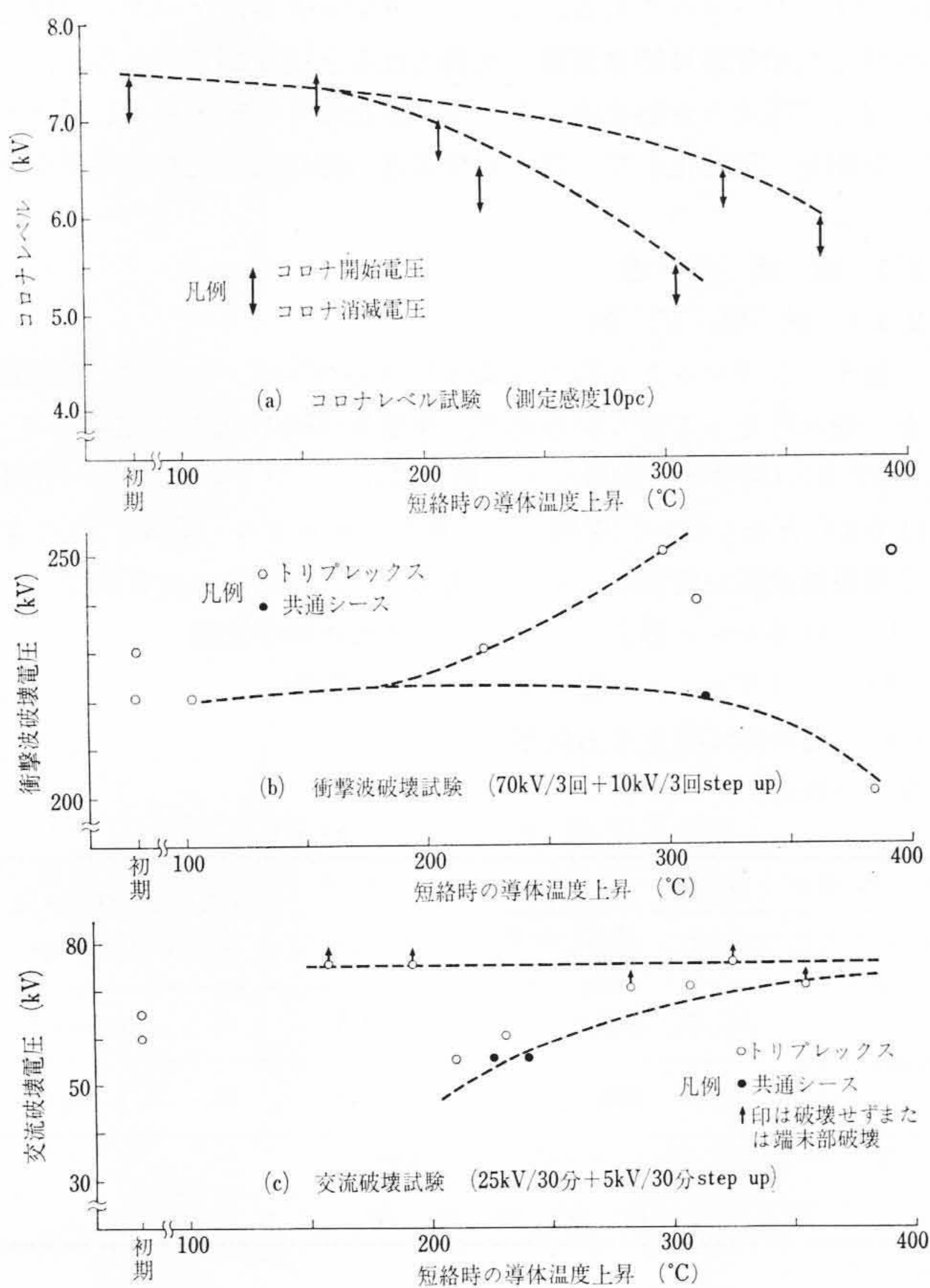


図3 短絡による電気特性の変化

2.3.2 試験結果

試験結果の一部を表2に示す。

(1) ケーブル構造の差による特性比較 (試料 No. 3 と 4)

共通シース形はシースが裂け各線心が露出し損傷度はトリプレックス形より、はるかに大である (図2 (a)(b) 参照)。

(2) よりピッチの影響 (試料 No. 1 と No. 2)

表2に記した式より明らかなようによりピッチは長いほど短絡時の機械的影響を受けやすい。ピッチ $p=750$ mm (線心外径の30倍)の試料はよりのほぐれが $p=500$ mmの試料より2~3倍大きい。またよりピッチに不均一な部分があるとピッチの短い部分によりが集中する (図2 (b)(c) 参照)。

(3) 短絡時の機械力の測定

ケーブルには3相短絡時、半径方向に働く反発電磁力 F により、

軸方向に張力 T 、ねじれモーメント Q が作用することが理論的に導かれるが、これら機械力をロードセル、トルク計、ひずみ計を使用して実測した値と計算値とを比較して表2に示した。実測値のほうが低く出ている (線心分離による電磁力の減少がおもな原因と考えられる) が計算値とほぼ一致している。

なお、張力、ねじれモーメントの時間変化も記録したが、いずれも通電初期にピークが現われ、その後は減衰する。

(4) 短絡後の特性

短絡後の電気特性の一部を導体到達推定温度を横軸にとって図3に示す。コロナレベルの若干の低下のほかは破壊特性は特に低下していない。また材料の物理的劣化も認められなかった。

以上短絡試験の結果、共通シース形よりトリプレックス形がすぐれ後者でもよりピッチの短いものほど短絡に対して有利であることを確認した。

一方、現在許容温度 (架橋ポリエチレンは 230°C) 以上となった場合でも、熱的には劣化を示していないが、電磁力によりケーブルが損傷され再使用不可能となる場合がある。従来の定格はすべて材料の熱的劣化からみた温度によって決定しているが、機械力のほうで制限される領域が明らかに存在する。この領域については、導体許容張力、電磁力などの面から現在検討を進めている。

3. ケーブルヘッド

3.1 構造

図4はケーブルヘッドの構造を示したものであるが小形省力化を図るためあらかじめ工場モールドしたブッシングを接続作業現場にてそう入組立する簡易形である。このそう入方式は従来のテープ巻処理に比べ簡略化されており、線心分離部のシース保護の不要なトリプレックス形ケーブルの使用とあいまって作業簡易化に利するところが多い。このゴムモールド套管は耐トラッキング性合成ゴムからなり電界緩和用ベルマウスを套管と一体モールドする。導体引出用端子もゴム套管と一体モールドされ導体そう入後、圧縮接続する。套管の内部には絶縁コンパンドをあらかじめ充てんしておき、接続現場ではケーブル末端を套管内にそう入することで余分のコンパンドを押し出し空けきなしの組立が可能である。この絶縁コンパンド充てん方式は絶縁特性、防水特性の信頼度の向上などの点で非常に

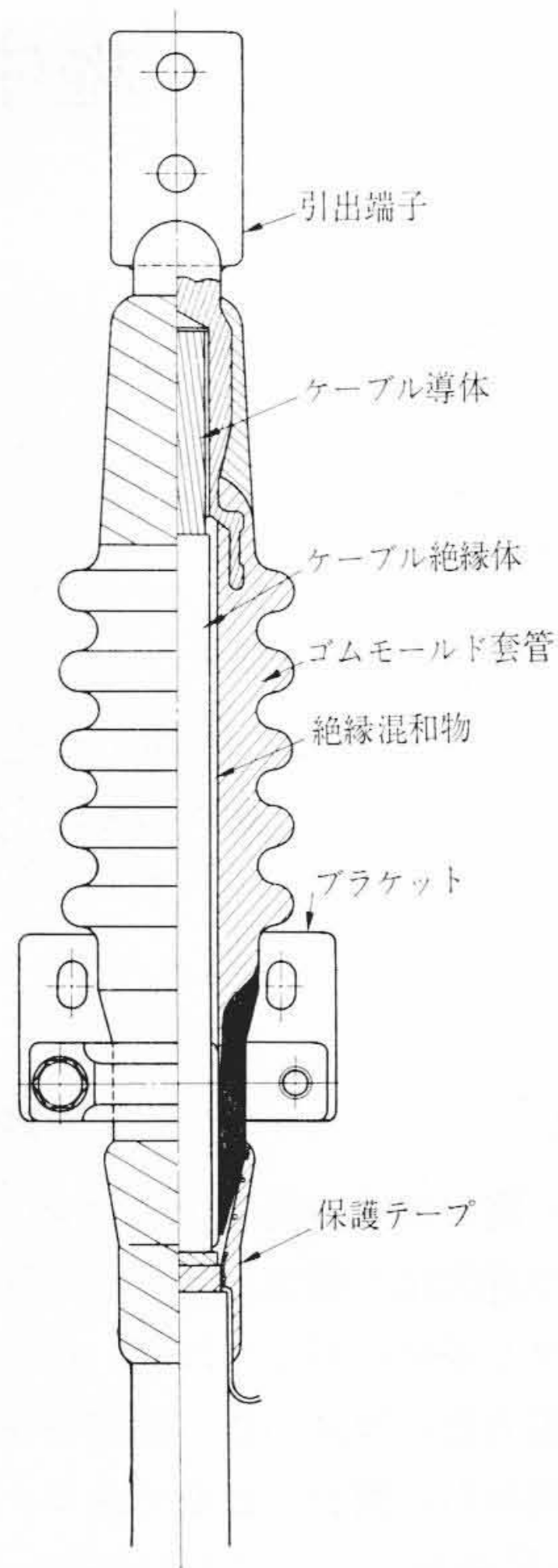
図4 6 kV CVケーブル用
そう入形ケーブルヘッド

表 3 6kV 接 続 部 の 必 要 特 性

特 性	交流長時間破壊特性	衝撃電圧破壊特性
項 目		
6 kV 配電系統必要特性	$\frac{6.6\text{kV}}{\sqrt{3}} \times 3.5 \times 2.7 = 36 \text{ kV}$	$BIL = 60 \text{ kV}$
日 標 値	$36 \text{ kV} \times 1.2 = 44 \text{ kV}$	$60 \text{ kV} \times 1.5 = 90 \text{ kV}$

(注) *1: 30 年保証寿命係数 *2: 現地施工安全率

有効であり、直線接続部にも応用されている。

3.2 設 計 条 件

設計に当たって 6 kV 用接続部としての性能目標値を表 3 のように定めた。ケーブルヘッドのせん絡距離は主として衝撃電圧せん絡特性から決定されるが、注水時 90 kV の特性を得るためには 150～180 mm が必要であり⁽³⁾、上限の 180 mm を採用した。一方、套管の内面せん絡特性であるが、一般に内部に絶縁コンパンドが充てんされた場合は、気中表面に比べせん絡特性はかなり上昇する。一般に油中せん絡電圧/気中せん絡電圧の比は、OF ケーブル油のような低粘度油の場合 2.5～3 であるが、今回採用の絶縁コンパンドのような高粘度のものであっても空げき無しに充てんできれば、これに近い性能が期待でき、コンパンド気中比は 2～2.3 程度でこれでも気中せん絡値に比べじゅうぶん余裕があることになる。

この結果、ケーブルヘッドの各部寸法は、せん絡距離 180 mm、ヒダ外径 80 mm、ヒダ枚数 5 枚とすることになった。

3.3 材 料 の 検 討

3.3.1 套管用絶縁体

ケーブルヘッド套管の材質は、これを導体引出端子などと一緒に成形する必要性からゴム系のものとするようになったが、当然電気特性、特に耐トラッキング性、耐候性の良いものが要求される。このため耐トラッキング性ブチルゴム、EP ゴム、架橋ポリエチレンなどの関連諸特性を比較検討した結果、耐トラッキング性ブチルゴムを採用することにしたが、これらの検討経過を以下に述べる。

(1) 試 験 方 法

試験試料は図 5 に示す 6 種を選び、これを導体 5.5 mm²、6 kV 高圧引下線の形状とした。促進耐候性試験として、カーボンアーク、ウェザーメータを用い各種試料、各 6 本を暴露させた。また各試料 3 本は初期特性を測定するため暴露しないままで比較した。この暴露した各試料は 1,000 時間暴露で 3 本、2,000 時間暴露で残りを取り出し、耐トラッキング試験を行なった。

耐トラッキング試験としては DIN 法など種々あるが⁽⁴⁾⁽⁵⁾、ここでは日立電線独自の方式による促進耐トラッキング試験⁽⁶⁾を行なった。

(2) 試 験 結 果

ウェザーメータ 1,000 時間暴露後の各試料の耐トラッキング試験結果を図 5 に示す。暴露後の特性変化が割合少ないのは PDB-A (新配合) と PD-EPR-A ではかはいずれも回数にして半分またはそれ以下に低下している。特に PDB-A (新配合) は初期特性も高くしかも低下が少ない。この新配合耐トラッキング合成ゴムをケーブルヘッドに適用することにより耐トラッキング性、耐候性の性能を得ることができる。

3.3.2 絶縁コンパクト

ケーブルヘッド套管内の絶縁コンパンドは、あらかじめ工場で完全に空げき無しに充てんしておき作業現場ではケーブル端末を套管内にそう入することにより余分のコンパンドをオーバーフローさせる。この絶縁コンパンドは常温で流動可能な粘度 (ケーブルそう入時に容易にオーバーフローし使用時には流出しない程度の粘

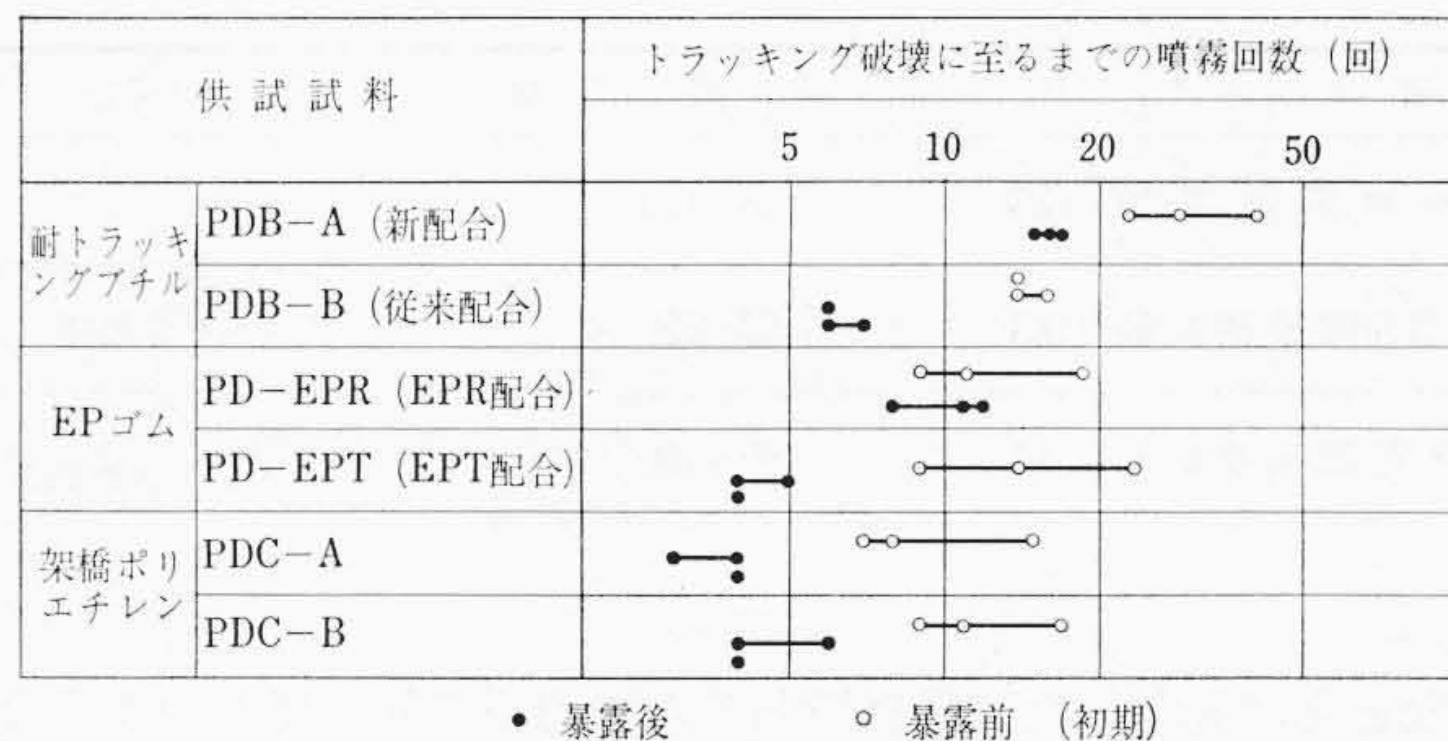


図 5 ウェザーメータ 1,000 時間暴露後の耐トラッキング性の変化

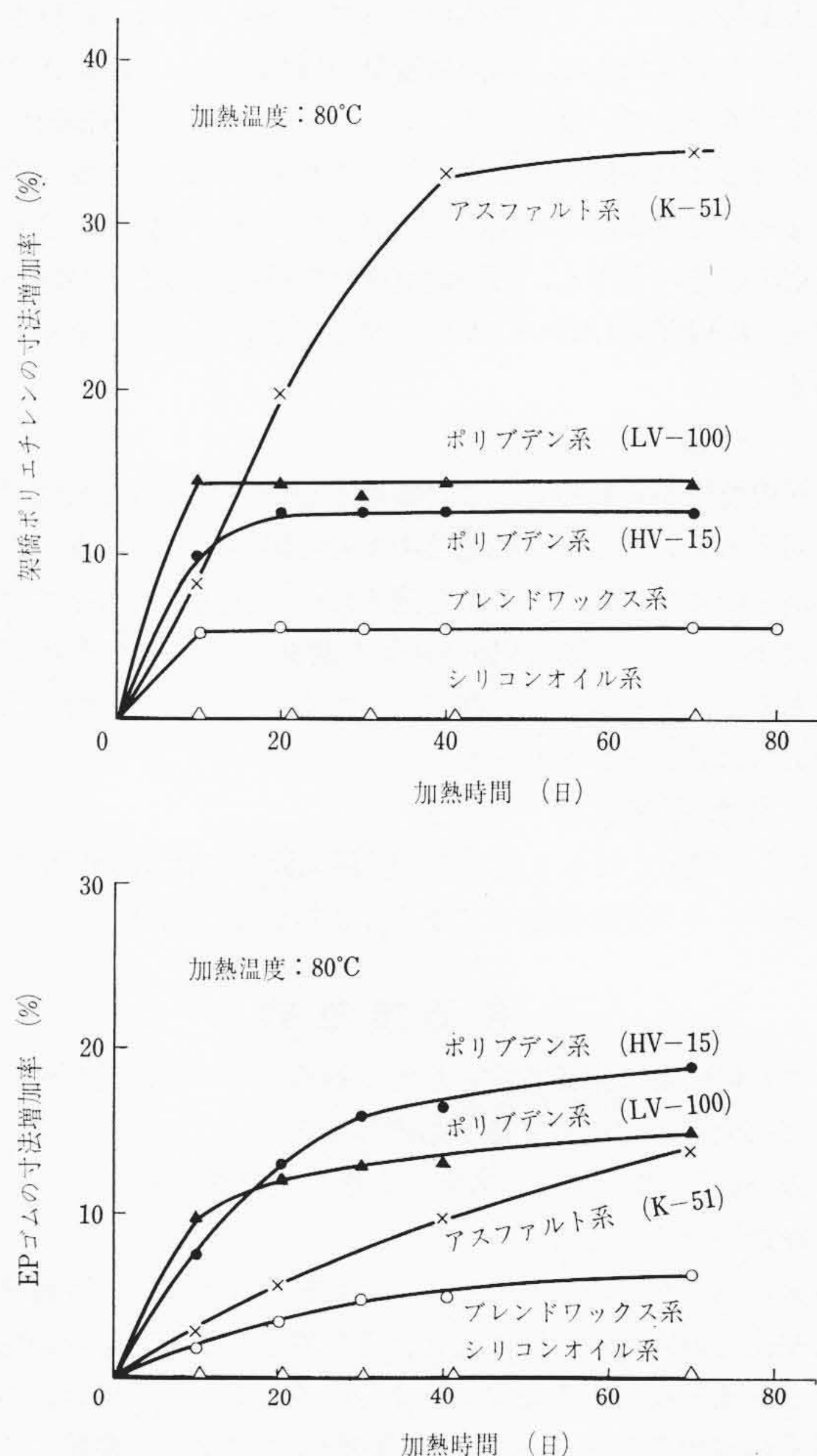


図 6 各種絶縁コンパウンドの架橋ポリエチレン EP ゴムシートへの影響

度) を持つこと、ヒートサイクルなどで層間ハク離しない粘着性を持つこと、電気絶縁特性が良く、またケーブル絶縁体やゴムモールド套管などに悪影響がないことが必要であり、これらを満足するブレンドワックス系絶縁コンパンドを開発使用した。このコンパウンドの架橋ポリエチレンおよび EP ゴムに対する影響を寸法増加率によって図 6 に示した。

3.4 性 能 試 験

3.4.1 電 気 特 性

ケーブルに組立てた完成品としての試験結果は表 4 に示すとおりである。試験結果は表 3 に示した性能目標値をじゅうぶん上回った満足な値を得ることができた。

3.4.2 汚 損 試 験

本ケーブルヘッドの材質はブチルゴムであり、従来の磁器がい

表4 ケーブルヘッドの電気特性

項 目	試 験	結 果
コ ロ ナ 開 始 電 圧 (kV)	7 kV 以上	—
交流長時間破壊試験 (kV)	55~65	ケーブルヘッド破壊
衝撃電圧破壊試験 (kV)	180~190	表面せん絡 ケーブルヘッド内部破壊

子などとは異なった有機物であるので汚損に対してどのような状態になるかをじゅうぶんは握しなくてはならない。以下に汚損試験の結果について述べる。

(1) せん絡電圧特性

電圧上昇法⁽⁷⁾によって求めたケーブルヘッドのせん絡特性は図7に示すとおりである。塩分付着量の増加によって、あまりせん絡電圧が低下していない。これはブッシング表面に汚損液が水滴状に付着しこれが個々に独立しているため⁽⁸⁾、汚損量は比較的多くなるのであるがせん絡電圧は高くなる原因である。また、せん絡電圧値そのものも、汚損耐電圧の目標値である1線地絡時最大電圧 ($6.9\text{ kV} \times 1.15 \approx 8\text{ kV}$) に対してじゅうぶんの余裕を示している。

(2) くり返しせん絡特性

前記の特性から見ると、この特性が持続するならば長時間の使用に耐えるといえるが、最悪状態でせん絡が起こった場合、表面状態がどのように変化するかを見るためくり返しせん絡させた。図8は10回のくり返し試験の結果を図9はせん絡状況を示すものであるが、くり返しせん絡によってもブッシング表面にはほとんど異常は認められなかった。

(3) 塩水噴霧試験

4 kV を印加したくり返し塩水噴霧試験⁽⁹⁾では1,000回の噴霧でもトラッキングは発生せず安定な性能を示した。

4. 各種 接 続 部

ケーブル接続部の絶縁方式として、絶縁テープ巻処理に代わる方式としては大別して次の2種があげられる。すなわち、(1) 絶縁筒そう入方式、(2) ストレスコーンそう入式である。

(1) 絶縁筒そう入方式

本方式はあらかじめゴムモールドした絶縁筒をケーブル接続部にそう入被覆し絶縁テープ巻に代え、その内部に半流動性の絶縁コンパンドを作業現場で圧入充てんするものである。この場合、導体接続は通常の導体接続スリーブを圧縮接続またははんだ接続する方法と特殊テープスリーブによる接続方法⁽¹⁾との2種が考えられるが、後者は導体接続部の寸法、外径がやや大きくなるので前者の導体接続スリーブ圧縮方式を採用している。この方式の特長は絶縁筒内部の必要絶縁距離を取るため接続部の全長はやや長くなるが、全体としての構造が簡単であるため、一般的な直線接続部に適している。

(2) ストレスコーンそう入方式

本方式は接続部本体に導体接続部をエポキシ樹脂にて埋込成形した絶縁体を採用し、ケーブルしゃへい端の電界緩和はゴムモールドストレスコーンをそう入し行なうものである。導体接続はエポキシ樹脂成形体の内部で行なうため、圧縮またははんだ接続はできず、テープスリーブ締付方式を採用している。この方式は導体接続部、ストレスコーン締付部などの部品が多いため構造がやや複雑になるのであるが、絶縁筒そう入方式に比較して全長の縮小が可能であるためY分岐接続部、X分岐接続部など多回路分岐に適したものと云える。

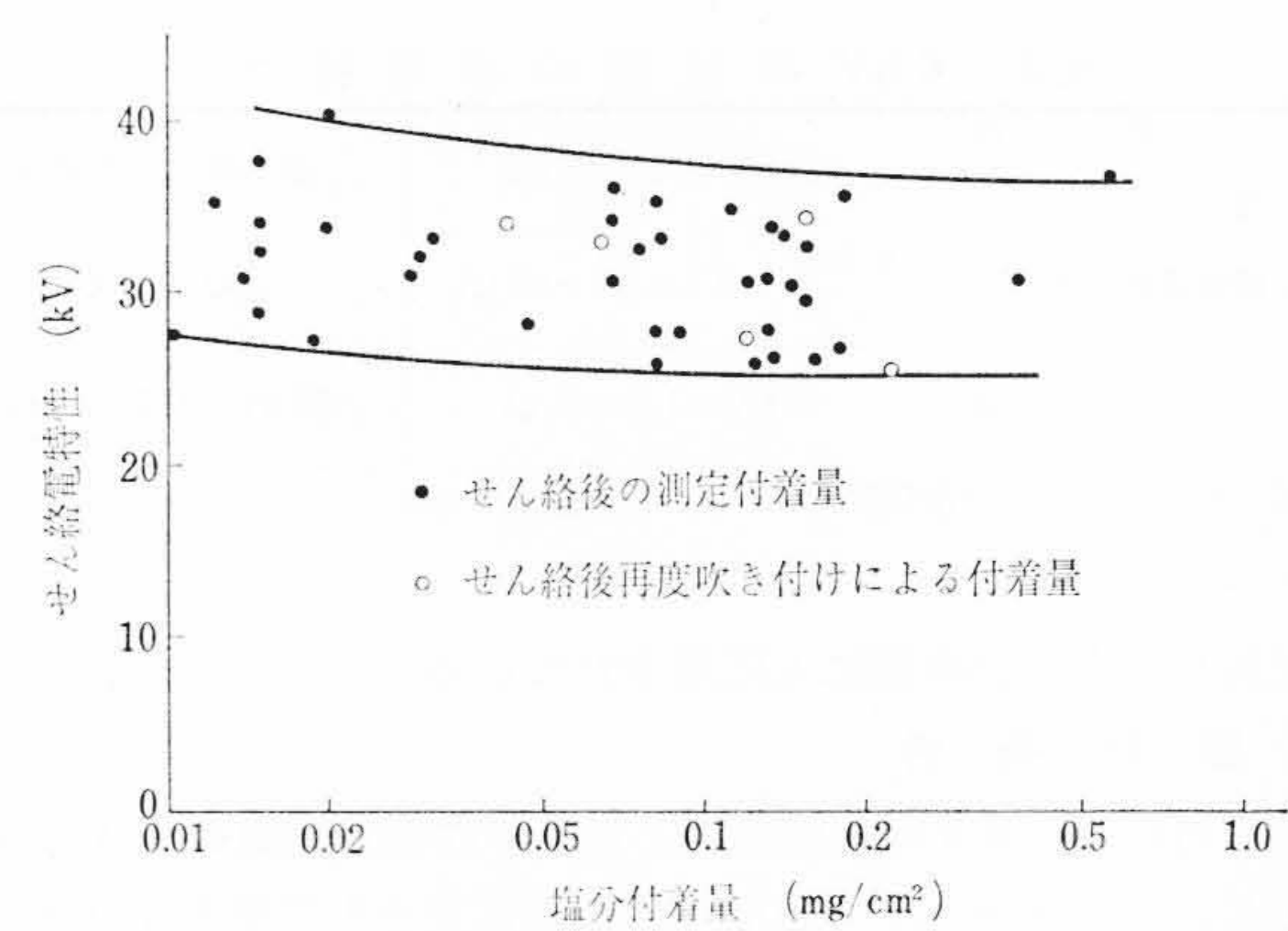


図7 ケーブルヘッドのせん絡電圧特性

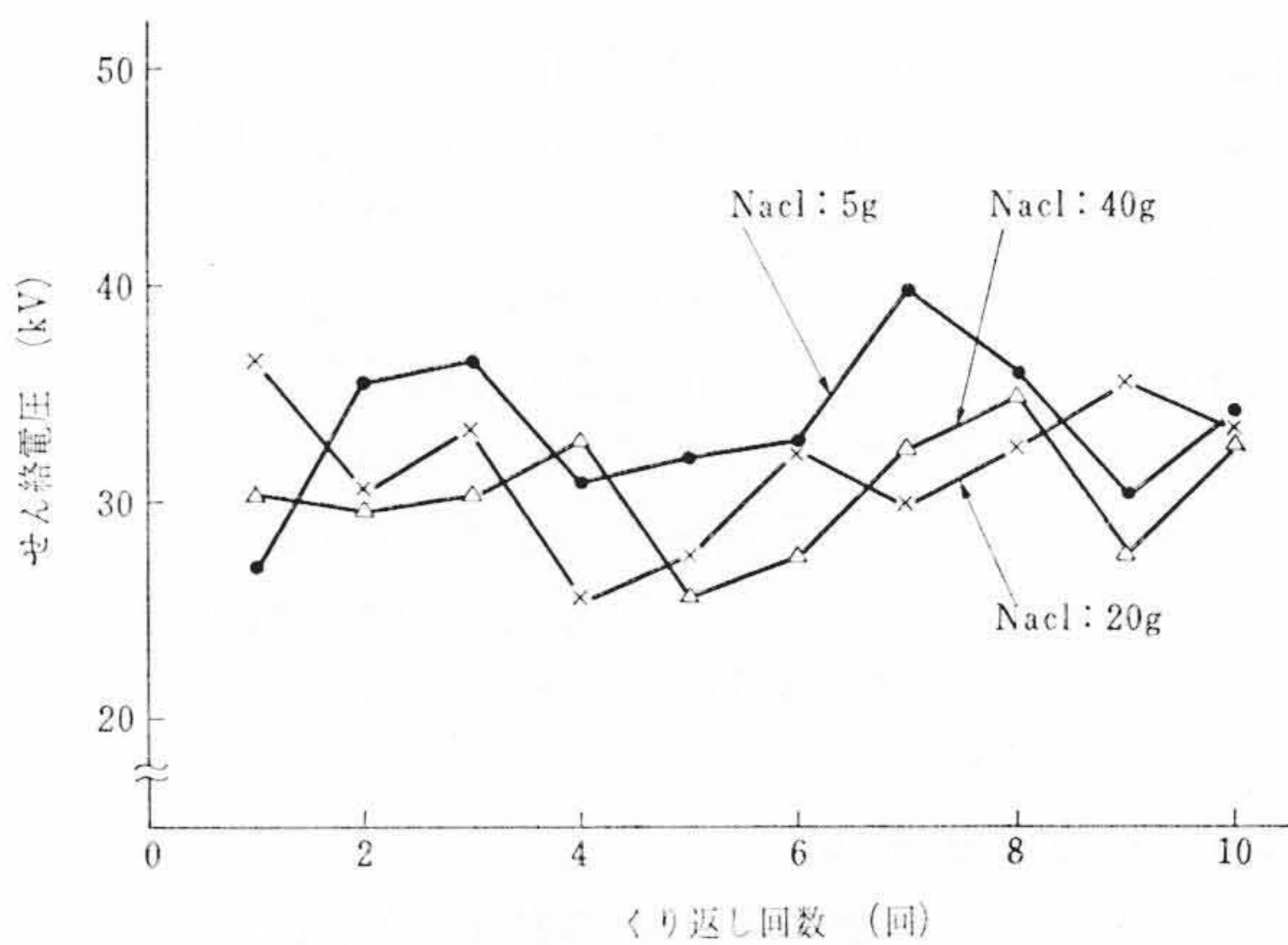


図8 ケーブルヘッドのくり返しせん絡特性

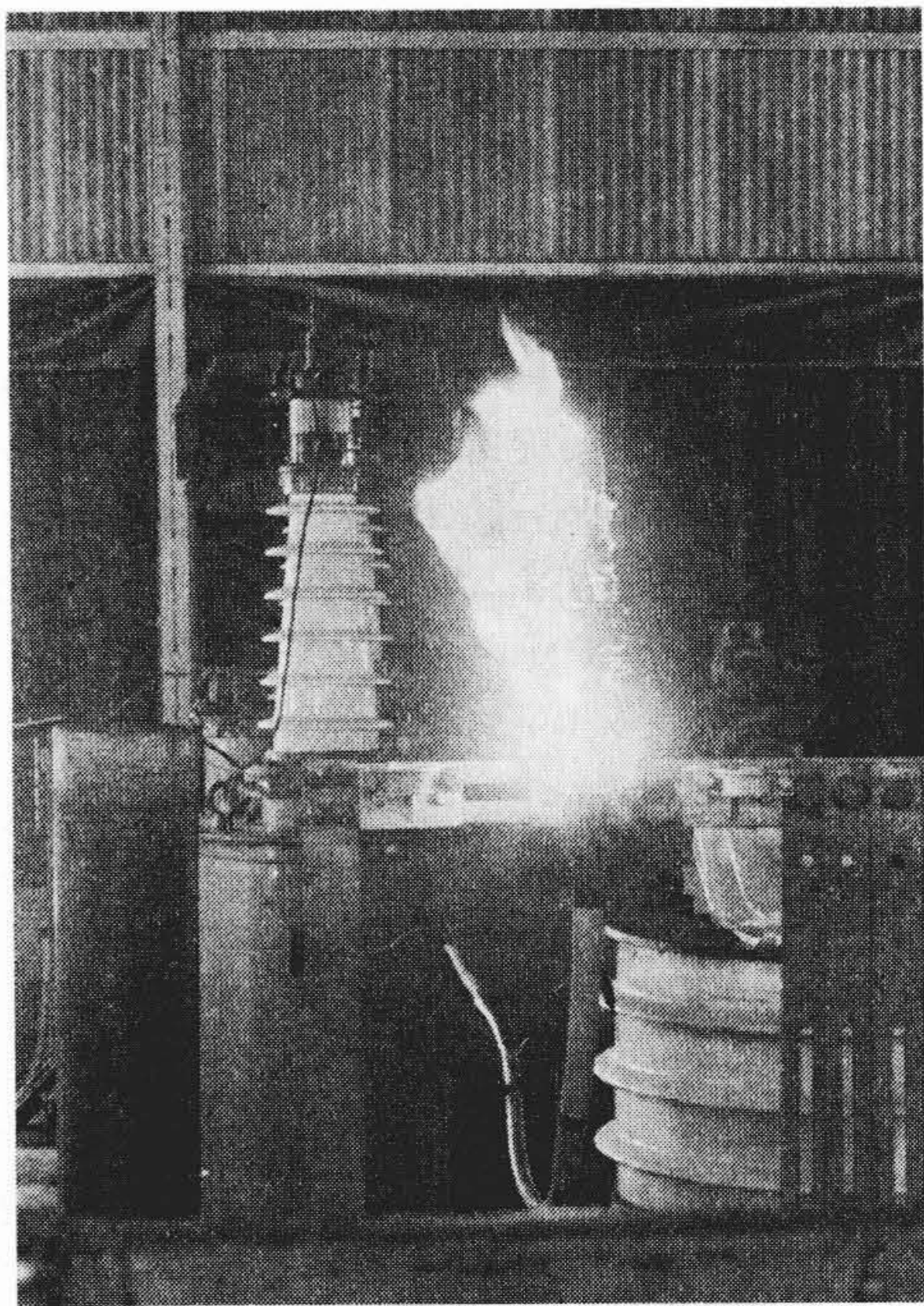


図9 6 kV ケーブルヘッドの汚損せん絡状況

4.1 直 線 接 続 部

絶縁筒方式による6 kV CV ケーブル用直線接続部の構造は図10に示すとおりである。導体接続は接続スリーブの圧縮によっている。絶縁筒本体はケーブルヘッドと異なり、耐トラッキング性よりは電気絶縁特性のみが必要なのでEPゴムを使用しその外部に遮蔽(しゃへい)層を一体成形している。絶縁筒の内部には片端から絶縁コンパンドを注入する。この絶縁筒内部の絶縁設計はケーブルヘッ

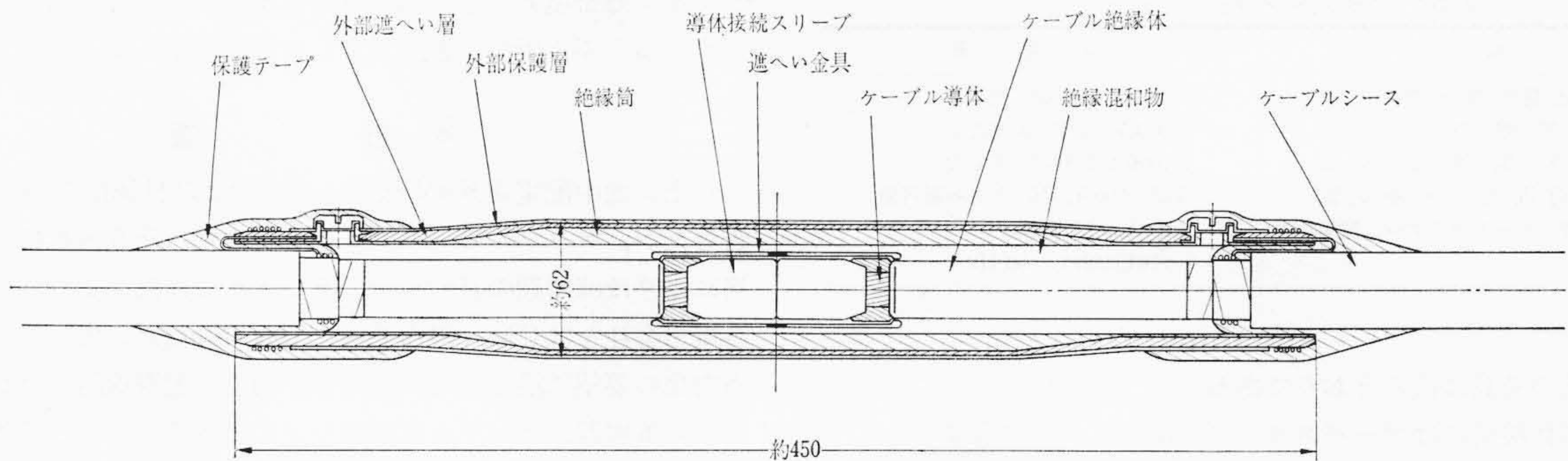


図 10 6kV CV ケーブル用 そう入形直線接続部

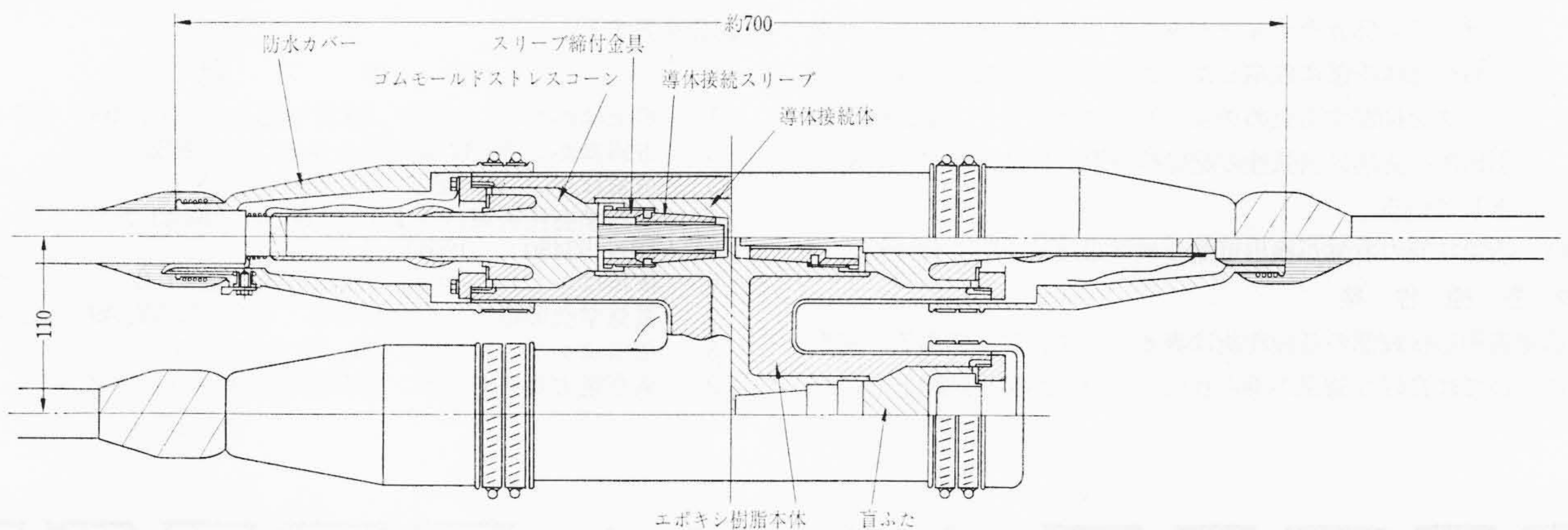


図 11 6kV CV ケーブル用 そう入形 X 分岐接続部

表 5 各種接続部の電気特性

試験結果	直線接続部	X 分岐接続部
試験項目		
コロナ開始電圧 (kV)	7.0 以上	7.0 以上
交流長時間破壊試験 (kV)	50~60 接続部破壊	60 ケーブル部破壊
衝撃電圧破壊試験 (kV)	180~190 接続部破壊	190 接続部破壊

ドと同じ基準に基づいている。

4.2 X 分岐接続部

ストレスコーンそう入方式による 6kV CV ケーブル用 X 分岐接続部の構造を図 11 に示す。導体接続はテーパスリーブ締付方式によっている。ストレスコーンは EP ゴムからなり、ケーブル絶縁体との密着度を良くするため、クサビ形締付金具を採用し、締付時ケーブル軸に対して半径方向の力が有効に働くよう考慮されている。本 X 分岐接続部の全長寸法は絶縁筒そう入方式にて設計した場合の約 2/3 となり、寸法縮小に役だっている。

4.3 接続部の性能

4.3.1 電気特性

直線接続部と X 分岐接続部の絶縁方式は異なっているが、その電気特性は表 5 に示すように、ほぼ似かよった値を示しており、両方式の絶縁協調は取れていると考える。いずれも表 1 に示した 6kV 用接続部の性能目標値を満足しておりじゅうぶん使用に耐える。

4.3.2 長期実負荷試験

これら開発品については、その実用性を短期間に確認するため、常規大地電圧の 5 倍に相当する AC 20kV の連続課電と 150~250 mm² のケーブル接続部に対して 400A の負荷サイクルを与える実負荷試験を実施中である。この実証試験は気中のみだけではな

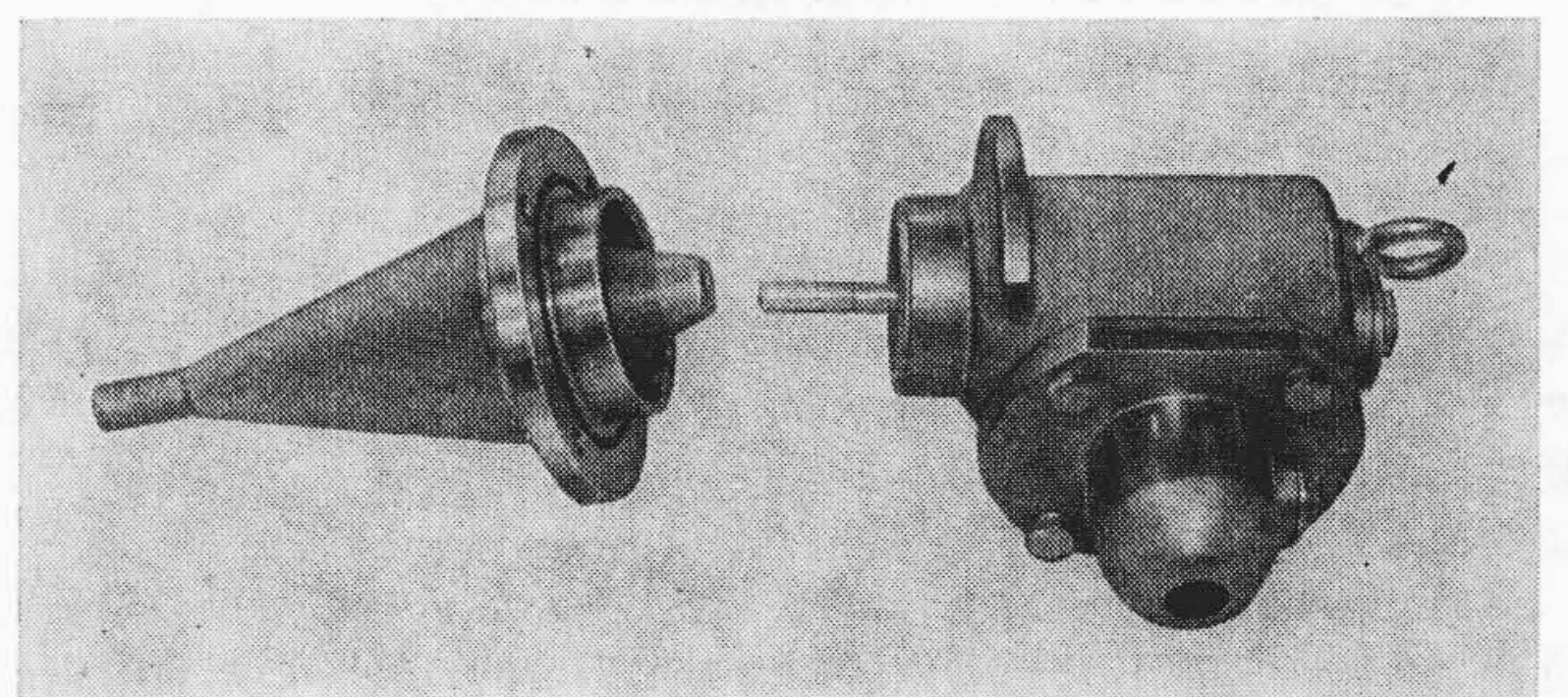


図 12 活線着脱形終端接続部の外観構造

く、水中浸漬試験も行なっており、防水性の信頼も高いことを示している。

5. 活線着脱形接続部

配電用ケーブル系統ではケーブルを直接、電気機器に接続することが多い。これは直結形にすることにより、接続部分の関連スペースの縮小化、人体に対する危険防止、保守の簡略化などが達成されるからである。しかし、従来の直結接続方式はケーブルヘッドを組立てたのち、機器に組み込み注油し、また解体の際は油を抜いたのち取付を行なうという方式がとられていた。この直結部がプラグインのみで着脱できれば現地工事も簡単になるうえ、事故時や系統点検時にきわめて短時間に作業が可能である。このような考えに基づいて、すでに 20 kV 直結接続部が製作されているが、これをさらに進めて活線状態にて着脱を可能ならしめたものである。

5.1 構造

SL ケーブル用として開発した活線着脱形終端接続部の外観構造を示したのが図 12 である。この終端接続部は人孔のケーブル管路口または人孔内の適当な位置にてケーブルを線心に分岐し接続する

表6 活線着脱接続部の電気特性

試験項目	試験結果
交流長時間耐電圧試験	30 kV/3時間, 異常なし
衝撃耐電圧試験	200 kV/3回, 異常なし
短時間通電試験	11,000A/1秒間, 異常なし
負荷電流しゃ断試験	6 kV/100A, 10回, しゃ断可能
気密(ヒートサイクル)試験	3 kg/cm ² , 異常なし (20℃⇄80℃ 50 Hz)

- もので、その特長は次のとおりである。
- (1) 導体接続にはテーパスリーブを使用し、終端金属ケースは鉛工により完全気密構造となっており、内部に絶縁コンパンドを充てんした。
 - (2) 回路電流 100 A を活線にてしゃ断可能な構造とするため、プラグイン部分をチューリップコンタクトとし、エポキシ樹脂絶縁体内部に収納した。さらに導体引抜時に発生するアークを抑制するためチューリップコンタクト部雄側導体引出棒の先端に消弧性の絶縁棒を取り付けた耐アーク構造としている。
 - (3) 活線状態の有無が検出可能な検電用端子を取り付けた。

5.2 各種性能

本活線着脱形接続部の各種性能は表6に示すとおりである。初期特性については良好な結果が得られた。そのほか実用試験としてプ

ラグイン雌雄境界部を汚損させ耐電圧試験を行なったが、汚損状態でもじゅうぶん実用できる安定した性能を示した。

6. 結 言

以上に地中配電用 6 kV 級ケーブルおよび付属品の開発結果を報告したが、ケーブルのトリプレックス形化、そう入形接続方式の採用によりほぼ所期の目的を達することができた。これらは、すでに各電力会社をはじめ一般需要家にご採用いただいているが小形化、省力化の要望に沿ったものなので、通常の配電線路のほかにコンパクト変電機器、ケーブル直結部などに今後ますます広く使用されていく見通しである。

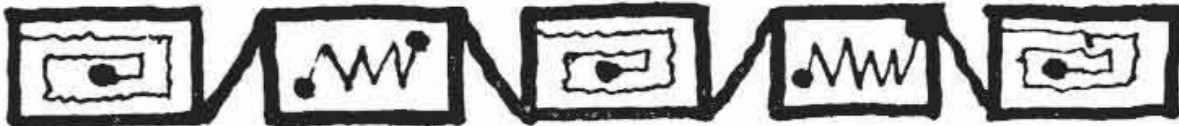
終わりに当たり、これらの開発にご助言いただいた各電力会社の関係者各位、種々ご協力いただいた日立電線株式会社関係者に深い謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) 水上ほか：日立評論 50周年記念論文集, 100 (昭43-12)
- (2) 吉岡ほか：昭42電気学会連合大会, 1081
- (3) 依田ほか：日立評論 42, 72 (昭35-7)
- (4) 電気学会技術報告 (I部): 86号 (昭43-7)
- (5) DIN 53480: (1961)
- (6) 依田ほか：オーム誌 No.2, 69 (昭41-2)
- (7) 電気学会閃絡電圧専門委員会：電学誌, 77, 49 (昭32-1)
- (8) 依田ほか：日立評論 46, 79 (昭39-7)
- (9) 東京電力規格 GC-8: 深溝型耐塩害ブッシング



特 許 の 紹 介



特許第412417号 (特公昭38-8656号)

紛 沢 秀 夫・細 貝 隆

水 車 起 動 装 置

この発明はスピーダレス調速機による水車の起動装置にかかわるもので、水車の入力水量を調節する調速機サーボモータもしくは該サーボモータと連動する機構から、その作動位置を検出して水車起動時における調速機の起動から無負荷運転までの運転制御を行なうようにしたものである。

一般に水車を起動する場合には、導水弁をいったん水車の無負荷位置より少し過開した起動位置において過度的に多くの水量を供給し、静摩擦にうち勝つ大きな起動トルクを与え、水車の回転数が規定回転数の約80%付近になったとき無負荷運転の開度にもどして送電系統へ並列投入して平常運転にはいる。しかしスピーダレス調速機においては水車発電機の回転数を検出する速度検出部が存在しないので、並列投入されない運転状態、たとえば起動時の時期には運転に種々な問題を引き起こし、安定な運転を行ないえないおそれがある。したがって、なんらかの手段を講じて水車を規定回転数に制御しなければならない。

ところで従来は並列投入を行なうのに発電機の規定回転数を検出して行なうのではなく、該発電機の発生電圧を検出し適当な状態を知って、電圧検出継電器などの作用により、強制的に投入するので、この時には発電機に衝撃が加わり悪影響を与えるのみならず、ある状態下においてはこれが送電系統へも波及し過渡的な乱調現象を引起こす原因になっていた。

この発明では図に示すように導水弁を操作するサーボモータ1の位置から起動制御を行なうようにしてある。図1は水車の停止状態を示しており、水車停止用ピストン5が圧油により押し下げられていて配圧弁のバルブを押し下げ、圧油をサーボモータ1の右室に送入して導水弁全閉位置に保持している。また調速機7はレバー8をしかるべき位置に調整しようとしているが、切換弁17のバルブ18の位置により、ピストン14が上動固定させられているので、不動作となっている。この状態から水車を起動するときはピストン5に作用している圧油を除去し、配圧弁2のバルブの固定をはずす。調整用ピストン14が起動位置aに設定されているから必然的にサー

ボモータ1は起動開度 L_s まで作動する。このときサーボモータの開動作と同時にバネ20によって切換弁17のロッド19がピストンロッド11に追随し、その動作域が L_s に達すればピストン14に作用していた圧油は排出され、同時に圧油がピストン14の上部に送り込まれてこれを無負荷開度 a' まで下動し、調速機のサーボモータ1を無負荷位置 L_n までもどし、送電系統への並列投入を行なうことになる。並列投入後の調速は調速機7により行なわれる。

このようにすることによりスピーダレス調速機においても頭初に述べたような支障を一掃することができ、確実に水車を起動することができる。

なお本図における切換弁17のロッド19の操作を電磁石で行ない、この電磁石をサーボモータ1のピストンロッド11のストロークにより動作するスイッチにより行なってもよい。

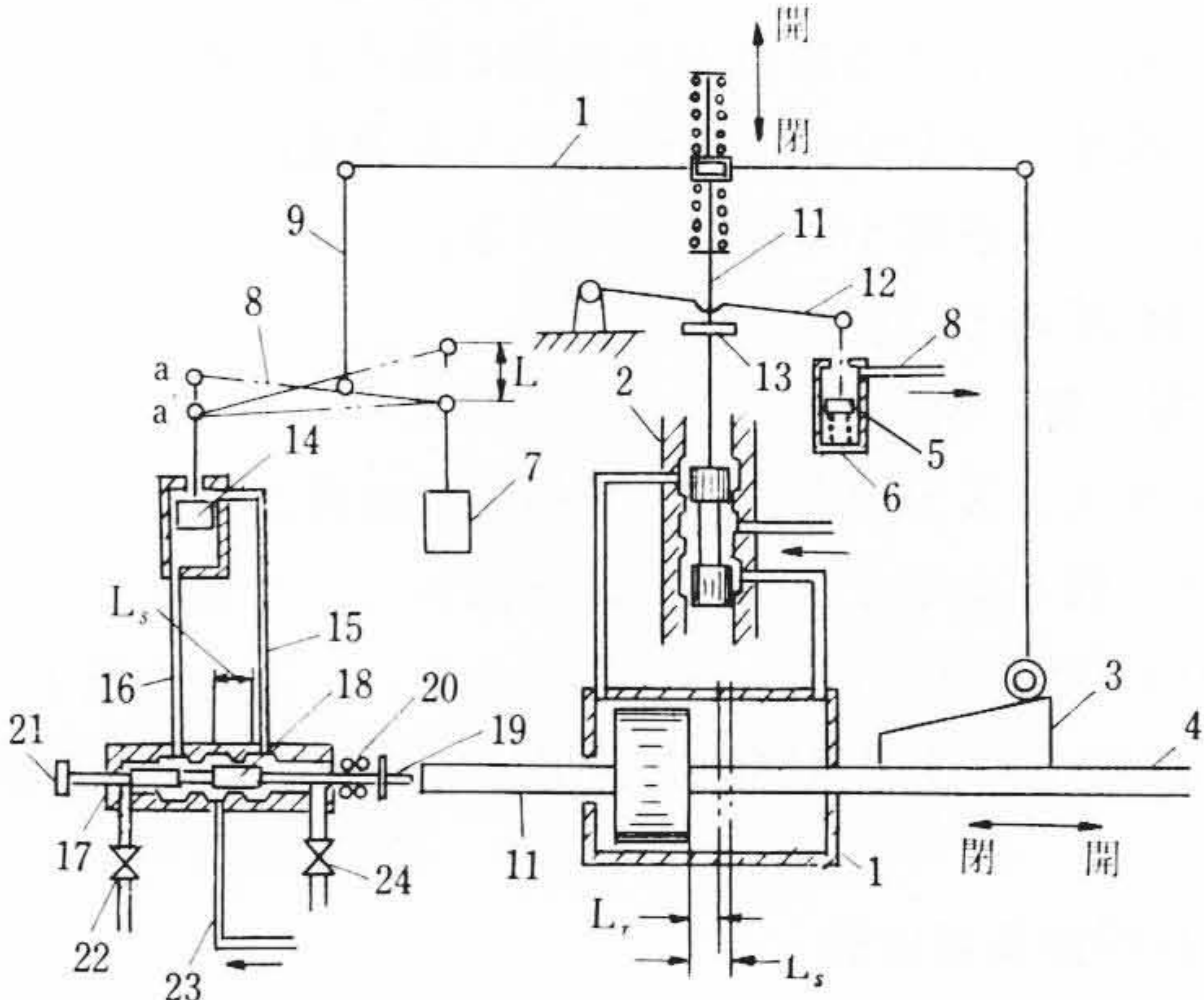


図 1