

60kV 3×1,000mm²アルミ導体パイプ形ガスフィルドケーブル

60 kV 3×1,000 mm² Aluminum Conductor Pipe Type Gas Filled Cable

今井 敏 雄*
Toshio Imai

庄 司 民 良*
Tamiyoshi Shôji

比企野 恭 二*
Kyôji Higino

遠 藤 茂*
Shigeru Endô

奥 山 賢 三**
Kenzô Okuyama

内 容 梗 概

アルミを導体として使用すれば、重量が軽くなり価格も安くなることはよく知られているが、サイズが大きくなると熱膨張係数が大きいことによる機械的な問題が生じる。われわれはこの点を検討し十分実用可能であることを報告したが^①、本報告においては昭和電工株式会社に納入したケーブルの諸特性、設計、製造上の問題、ケーブルの試験成績、側圧試験の結果などについて述べる。

1. 結 言

パイプ形ケーブルの導体にアルミを使用することにより、重量が軽くなり、経済的にも有利になることはよく知られており、諸外国においてもその実用例が多い。しかし導体サイズが大きくなると、銅に比較してアルミの熱膨張係数が大きいため、種々の問題が出てくる。すなわち、熱サイクルを加えられた場合、伸びが大きいためスネークの量が大きく、絶縁体が損傷を受けないかどうか、また終端箱において導体の伸びを押えた場合、過度の応力が生ずる危険性はないかなどの点である。筆者らはこれらの問題を実験的に検討し、その一部を報告したが^①、この実験を基礎として 60 kV 3×1,000 mm² アルミ導体ガスフィルドケーブルを、昭和電工株式会社に納入した。この線路は 750m 2 回線であり、1 条にて製作、引き入れを行なうため、ケーブルの構造上種々の配慮をしたが、その設計、製造および布設の経過を述べ、参考に供する次第である。

2. ケーブルおよび付属品とその期待性能

ケーブルの布設系統を第 1 図に示す。ルートは千葉県埋立地であり、将来地盤沈下などの危険性が予測された。そのため中間に接続箱を入れるのを避けるために、ルート中に直角曲り 2 箇所を含むにもかかわらず一条にて引き入れることが決定された。

ケーブルの形式は、当初コンプレッション形とする予定であったが、納期的な観点から 8B ガス管が採用されたため、コンプレッション形では Jam-Ratio に抵触し、不可である。これを避けるためガスフィルド形として外径を小さくすることにした。

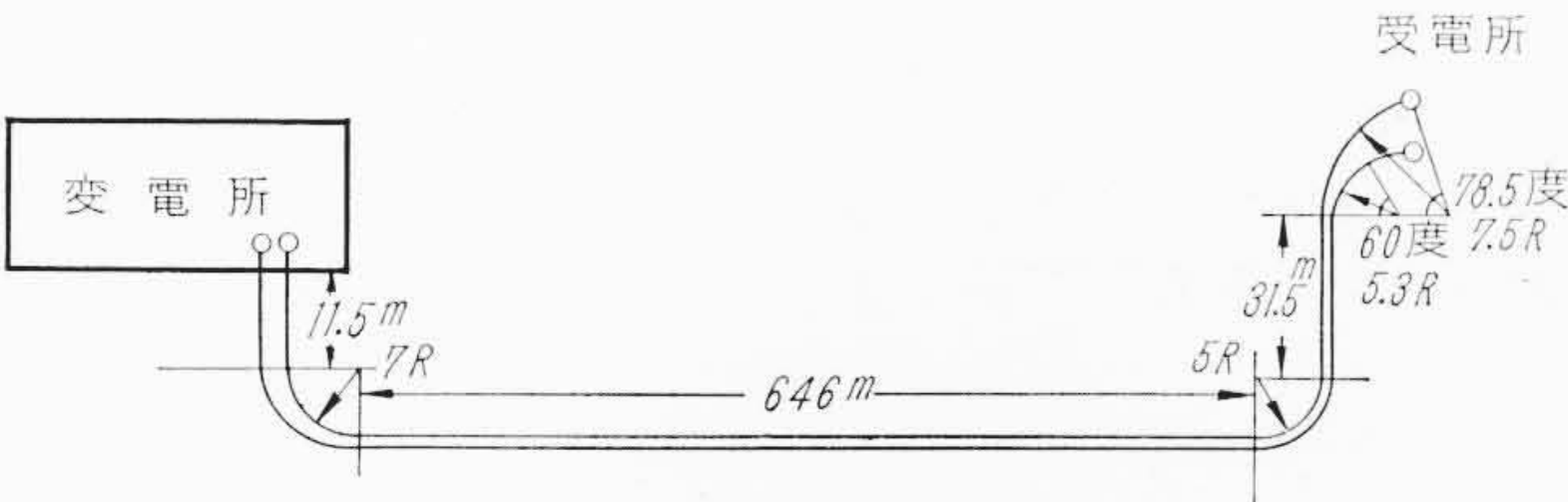
2.1 ケーブルの構造

ケーブルの構造を第 1 表に示す。

まず導体を 4 分割圧縮より線としたが、外径をできるだけ小さくするために圧縮率を大きくし、占積率 90% 以上とした。セグメントのバインダとしては金属化成紙を使用し、機械的強度と衝撃耐電圧特性の向上を図った。金属化成紙の材質は、穴あけしたものおよびしわつけしたものをを用いることも検討したが、電界強度緩和の目的から穴も、しわもないものをを用いることにした。

次に絶縁紙は、絶縁厚さを極力薄くするため 0.07, 0.100 および 0.125 mm の 3 種類の紙を用いて段絶縁を行なった。絶縁厚さ決定のデータは次のとおりである。

- ケーブル系統の必要衝撃耐電圧 (80℃) : 490 kV
- ケーブルの設計衝撃破壊電圧 (脱油, 80℃) : 590 kV
- 0.07 mm 絶縁紙の衝撃耐電圧



第 1 図 ケーブル線路

第 1 表 ケーブルの構造

項 目	単 位	規 格 値
公 称 電 圧	V	60,000
線 心 数	—	3
導 体 公 称 断 面 積	mm ²	1,000
よ り 本 数	—	62×4
形 状	—	4 分割圧縮より線
外 径 (約)	mm	41.5
絶 縁 厚 さ	mm	8.0
遮へい用銅テープ厚さ (約)	mm	0.1
ポリエチレンテープ厚さ (約)	mm	0.2
補 強 層 巻 厚 さ (約)	mm	0.4
スキッドワイヤ高さ (約)	mm	1.6
線 心 外 径 (約)	mm	62.5
仮 鉛 被 厚 さ (約)	mm	1.7
概 算 重 量 (仮鉛被除く, 3 心)	kg/km	16,600
最 大 導 体 抵 抗 (20℃)	Ω/km	0.0294
標 準 静 電 容 量 (20℃)	μF/km	0.64

強度 (脱油, 80℃) : 78 kV/mm
所要絶縁厚さ : 8 mm

また絶縁混和物は、ガスフィルドケーブルとして脱油を少なくするため、高粘度の油を用いた。第 2 図に粘度特性とそのおもな特性を示す。

遮へい体には穴あき軟銅テープとカーボン紙を用いた。

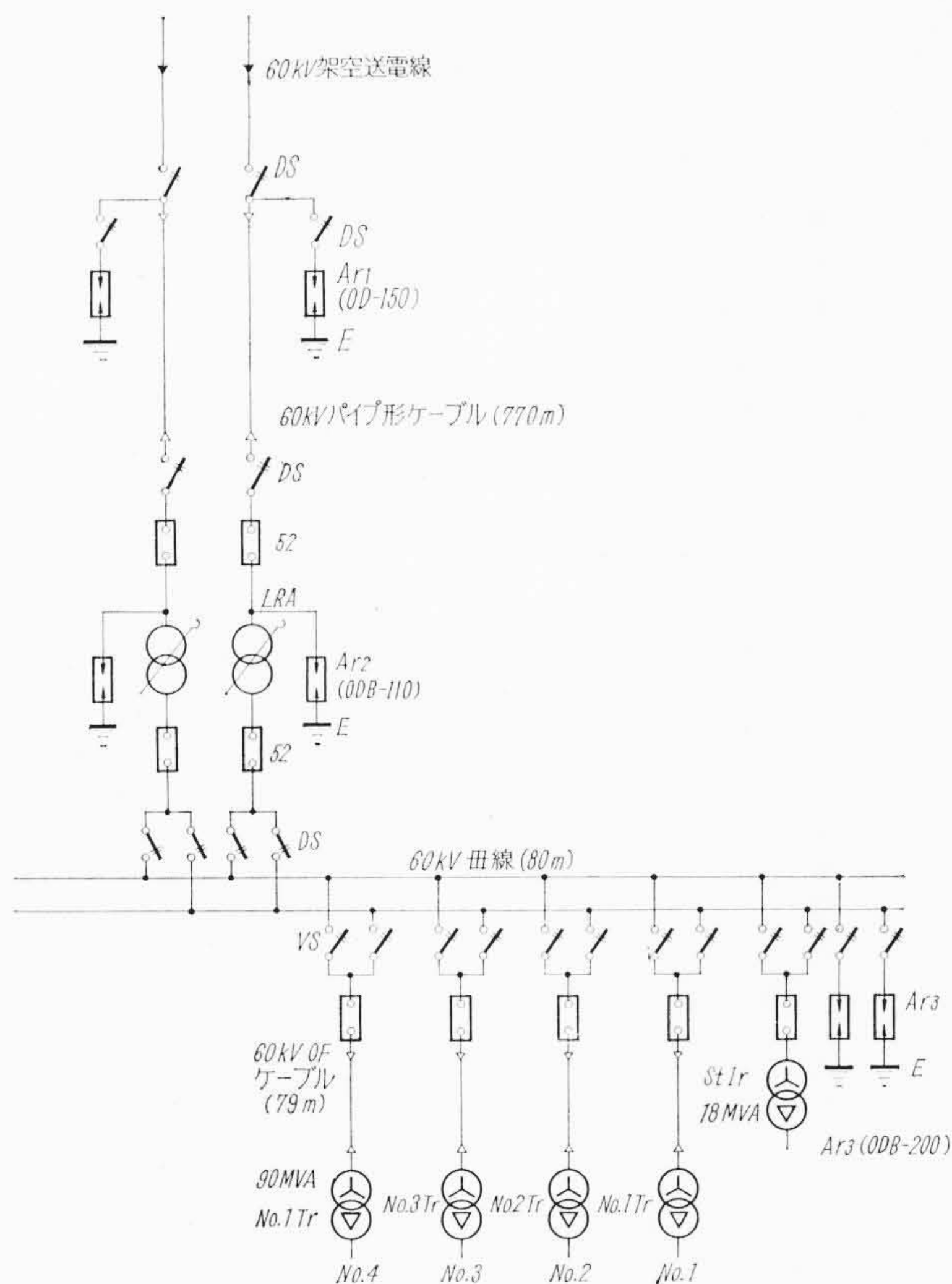
補強層は、後述するように引入条件と密接な関連があるため特に意を用いた。最内層はポリエチレンテープを巻いて防湿層とし、その上に銅テープ 2 枚およびポリエチレンテープ 1 枚を巻いて外傷保護とした。最外層は摩擦係数の低減と電気抵抗の増大を目的として黄銅のスキッドワイヤを巻いた。

輸送中の湿気を防ぐためにピアノ線を入れて仮鉛被をかぶせた。完成状態を第 3 図に示す。

2.2 付 属 品

布設地が海岸に近く塩害が予測されたため、屋外終端箱には 140 号のがい子を用いた。また屋内用としては 60 号の耐塩害用を用いた。終端箱を第 4 図に示す。終端箱の設計にあたって特に留意した点は次のとおりである。

* 日立電線株式会社電線工場
** 日立製作所日立研究所



第7図 系 統 図

2.5 サージ計算

本ケーブル系統の機器およびアレスタ設置関係を第7図に示す。この系統について次の点を検討するため、日立研究所のサージ計算盤によって解析を行なった。

- (1) 60 kV 架空線とケーブル接続点のアレスタの要否
- (2) 60 kV ケーブルと LRA 接続点のアレスタの要否
- (3) 60 kV 母線アレスタによる 90 MVA 4 ユニット主変圧器のサージ保護

計算上の定数は次のように選定された。

- (1) 侵入電圧

波高値 780 kV (60 kV 架空線 8 個連懸垂がい子の 50% せん絡電圧, 波形は標準波)

- (2) 逆せん絡電圧

東電鉄塔脚接地抵抗が 0.1Ω , 引込鉄塔脚接地抵抗が 0.3Ω のため, 鉄塔逆せん絡は考慮しない。

- (3) 雷撃点インピーダンス

雷撃点の後側のサージインピーダンスと等しい値とした。

- (4) サージインピーダンス

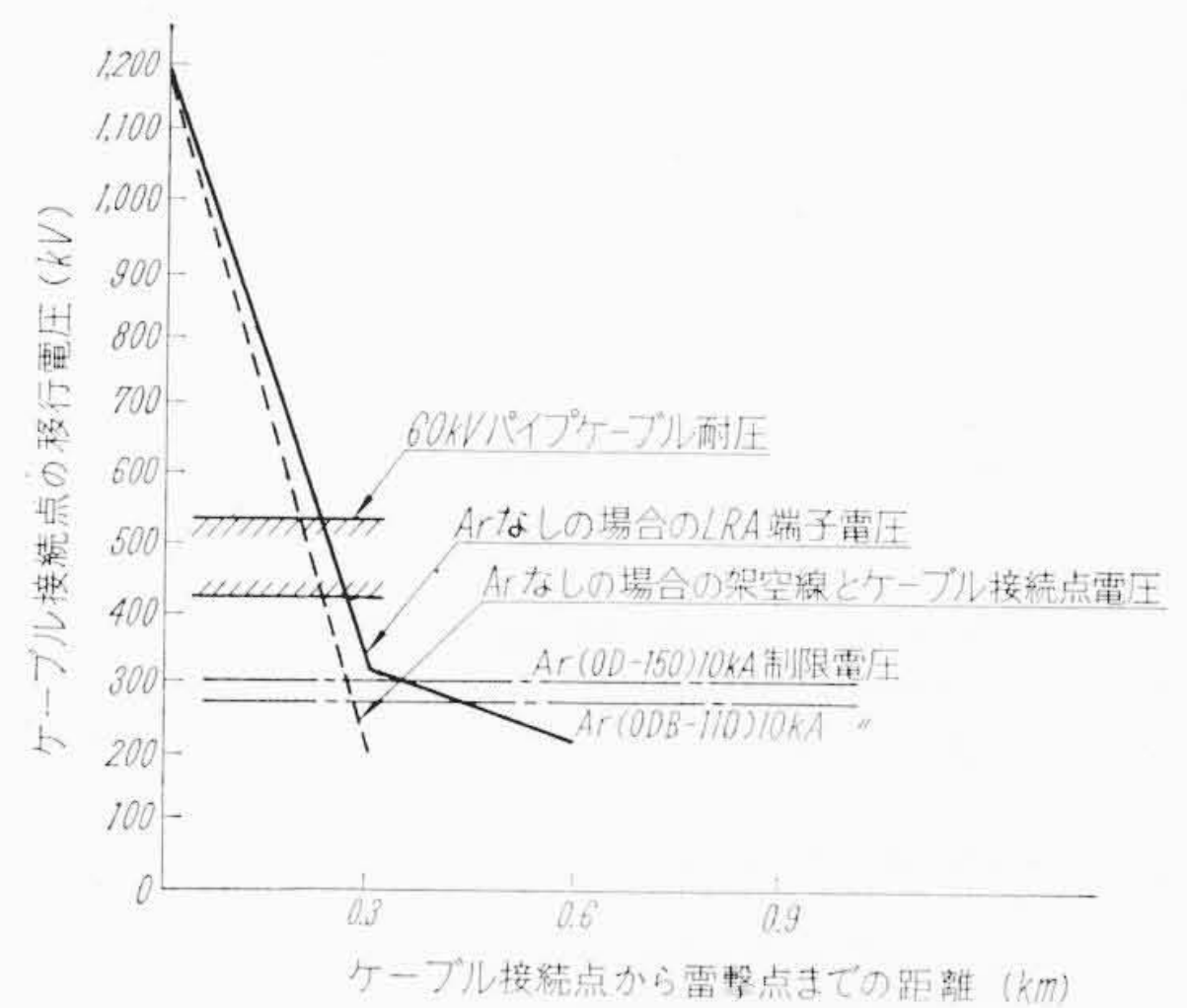
60 kV	架 空 線	500 Ω
60 kV	パ イ プ ケ ー ブ ル	7.1 Ω (3 条並列)
60 kV	母 線	450 Ω
主変接続	60 kV OF ケーブル	38.5 Ω
LRA	直 列 変 圧 器	$0.477 \times 10^{-3}(\text{H})$ 漏えいインピーダンス
主 変 圧 器		2,500 pF

- (5) 模擬避雷器

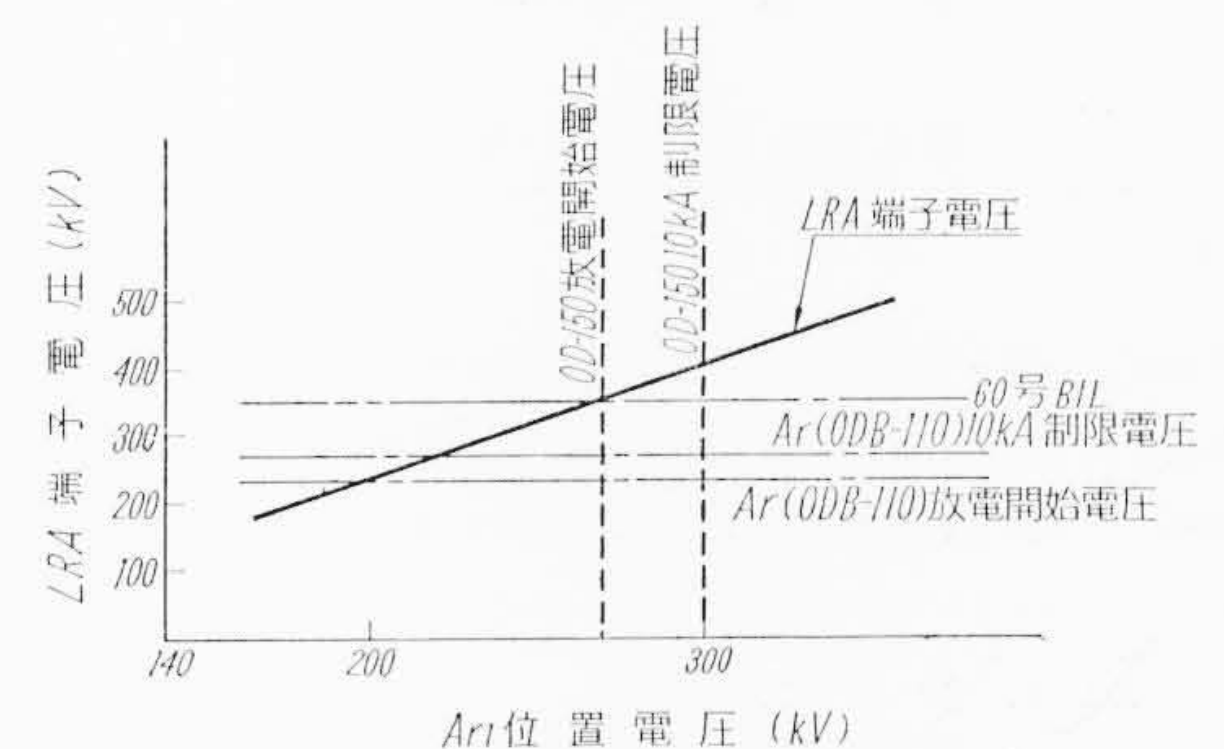
サイラトロン形, 放電電圧と制限電圧は等しいとして実験を行っている。

- (6) 線路の減衰

模擬回路の減衰は時間軸を適当に変えることにより実際の減衰



第8図 移行電圧と雷撃点距離



第9図 LRA の 端 子 電 圧

より若干少なめにした⁽³⁾。

検討結果を第8, 9図に示した。まず架空線とパイプケーブルの接続点には, 雷撃点が 300m 以内となると, 第9図よりわかるようにケーブルの耐圧を上回る電圧が発生するのでアレスタを設置する必要がある。またパイプケーブルと LRA 接続点については第9図よりわかるように OD-150 では放電電流 10 kA の場合には LRA の端子電圧 E_2 は 400 kV となり, 60 kV BIL の 350 kV 以上となるので, LRA とケーブルの接続点にもアレスタを設置する必要がある。

次に母線アレスタによる主変圧器保護の点については詳細は省略するが, 最適なアレスタの種類およびその設置位置を決定することができた。

3. ケーブルおよび付属品の試験結果

3.1 わく長試験

納入品のわく長試験の結果を第2表に示す。いずれも良好な結果である。

3.2 試料試験

3.2.1 曲 げ 試 験

このケーブルは前述したように引き入れの条件が過酷となること, 含浸絶縁油の粘度が高いことおよび薄紙による段絶縁を施している点などより, 曲げ特性の検討には特に意をそそいだ。曲げの条件としては, 6m の試料をとり中央部 2 m を 5~10℃ の水中で 2 時間冷却したのちケーブル線心外径の 20 倍の胴径の回りに往復 2 回の屈曲後, 中央部 30 cm を解体した。その結果は

- (1) セグメント絶縁紙, 金属化成紙には紙切れ, 紙しわなどの異常はみられなかった。
- (2) 絶縁層中央部に坐屈状のしわが若干認められたほかには紙切れはまったくなかった。
- (3) 遮へい層, 補強層には特に損傷はなかった。

このように, この種のケーブルとして十分満足のできる結果が得られた。

第2表 わく長試験結果

項 目	絶縁抵抗 MΩ-km (20℃)	静電容量 μF/km (20℃)	導体抵抗 Ω/km (20℃)	誘電正接(%)		
				19 kV	38 kV	差
規格値	—	0.64±0.32	0.0294以下	0.5以下	0.5以下	0.1以下
最大値	11,000	0.625	0.0272	0.21	0.23	0.02
最小値	9,000	0.615	0.0265	0.20	0.21	0.01

第3表 長時間耐電圧試験

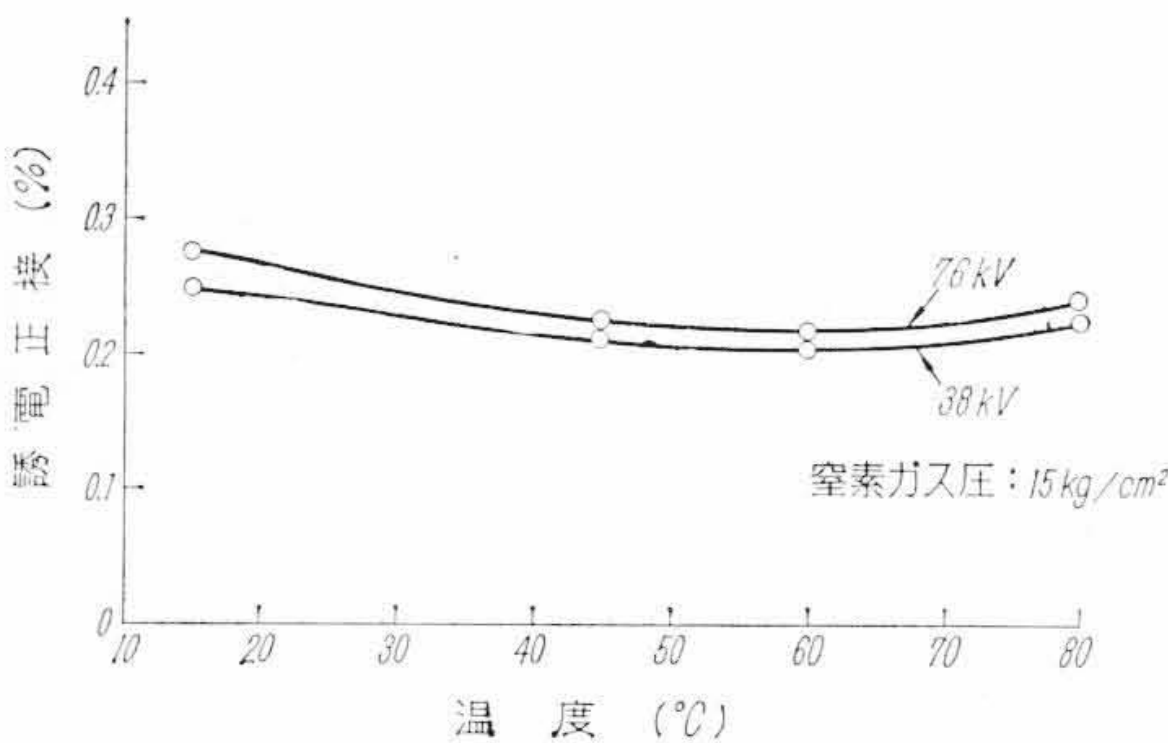
試料	課電方法	破壊電圧 (kV)	破壊時間 (h)	破壊点
非脱油	150 kV/6h 以後 15 kV/3h ずつ昇圧破壊させる	225	1h 45min	ケーブル
脱油	150 kV/6h 以後 15 kV/3h ずつ昇圧破壊させる	180	35min	ケーブル

注：1. 試料長 9 m
2. 窒素ガス圧 15 kg/cm²
3. 脱油 80℃/24 h 脱油

第4表 衝撃耐電圧試験

試料	課電方法	破壊電圧 (kV)	印加回数 (回)	破壊点
非脱油(常温)	530 kV/3 回以後 20 kV/3 回昇圧破壊させる	690	1	ケーブル
脱油(常温)	490 kV/3 回以後 20 kV/3 回昇圧破壊させる	720	1	ケーブル
非脱油(80℃)	530 kV/3 回以後 20 kV/3 回昇圧破壊させる	640	3	ケーブル
脱油(80℃)	490 kV/3 回以後 20 kV/3 回昇圧破壊させる	650	1	端 末

注：1. 試料長 9 m
2. 窒素ガス圧 15 kg/cm²
3. 脱油 80℃/24 h 脱油



第10図 誘電正接

3.3 長時間耐電圧特性

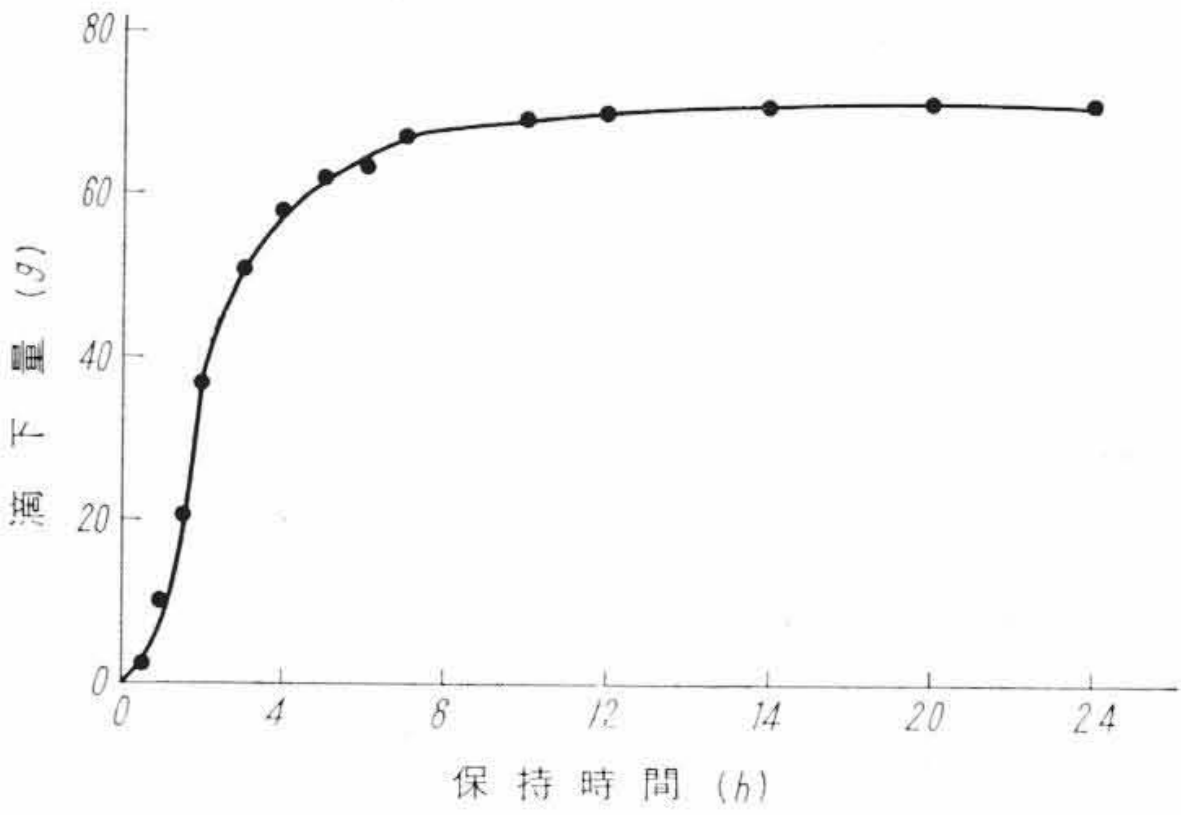
ガスフィールド形ケーブルの必然的結果として使用中に油の流下が予想される。今回の布設地は、まったく平坦であるため、高低差による流下は問題とならず、終端部の立ち上がりの流下のみが問題となる。そこでこの条件を模擬するため、通常の試料による長時間破壊試験のほかに、脱油を行なった試料についても試験を行なった。脱油条件は、試料約 10 m を垂直につるし、80℃ に 24 時間保つこととした。

電圧印加方法は、150 kV を 6 時間印加したのち 15 kV 3 時間ステップで上昇し破壊に至らせた。測定結果を第 3 表に示す。これらの値は従来の 60 kV 級の OF ケーブルおよびパイプ形ケーブルと比較してそんな色のないものといえよう。

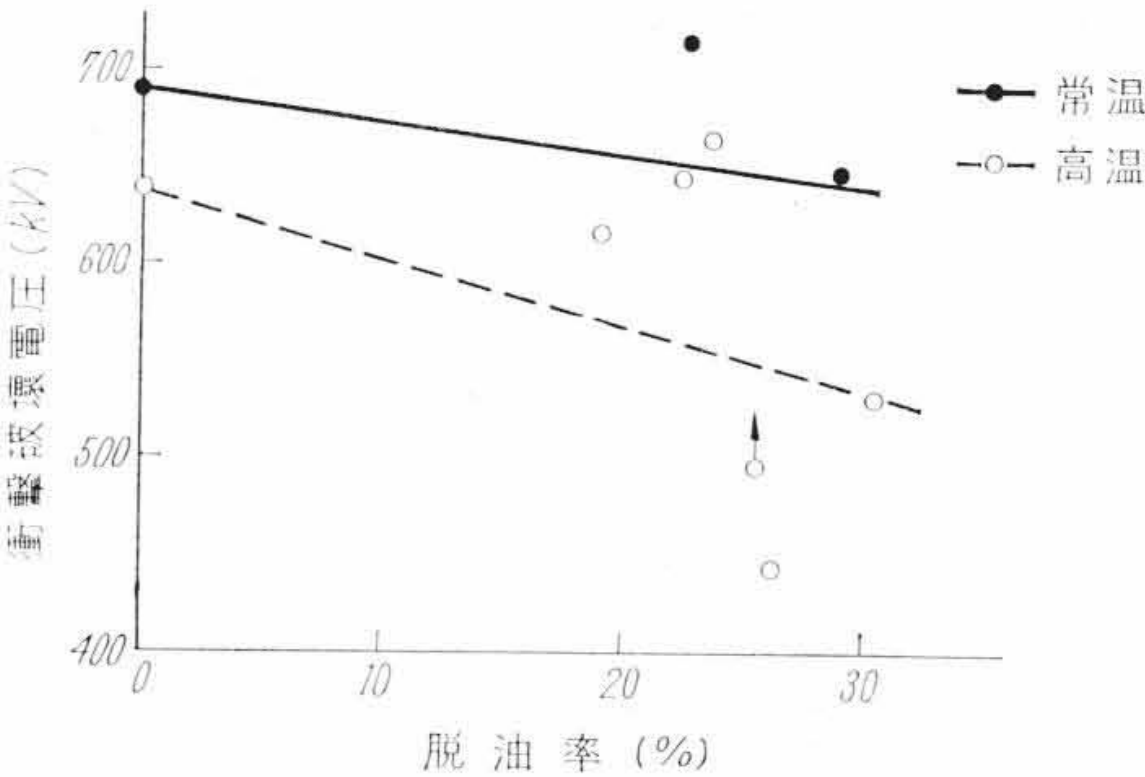
なお脱油した試料の脱油率を測定したところ、破壊点の近傍で 22.4% であった。

3.4 衝撃耐電圧特性

ケーブルの衝撃電圧試験は、前述した方法で脱油を行なった試料と脱油しない試料について、常温および 80℃ において試験を行なった。電圧印加方法は脱油しない試料については 530 kV の負電圧を 3 回印加したのち、20 kV 3 回の割で昇圧破壊させる。脱油を行なった試料については、490 kV の負電圧を 3 回印加したのち、20 kV 3 回の割で昇圧破壊させる。このようにして得られた試験結果を第



第11図 滴下試験結果



第12図 衝撃破壊電圧と脱油率の関係

4 表に示す。いずれも要求性能に対し満足な結果が得られている。脱油試料の脱油率は破壊点の近傍で 22.4% であった。脱油による衝撃耐電圧の低下は比較的少なく、高温における耐圧値の低下は比較的明らかに現われている。

3.5 誘電正接特性

誘電正接温度電圧特性を第 10 図に示す。各温度、電圧において 0.3% 以下で良好な値である。

3.6 滴下試験

ケーブルの脱油に対する目安をうるため絶縁油の滴下試験を行なった。長さ 50 cm の試料をとり、下端をケーブル軸に対し 45 度の角度に切り落とし垂直に支持して 80℃ の周囲温度中に 24 時間保持し、絶縁混和物の滴下量時間特性を測定した。試験結果を第 11 図に示す。滴下量は 24 時間ではほぼ飽和状態に達しており、前に述べた 80℃ 24 時間という脱油試料の作成条件がほぼ妥当であることがわかる。

3.7 特殊電気試験

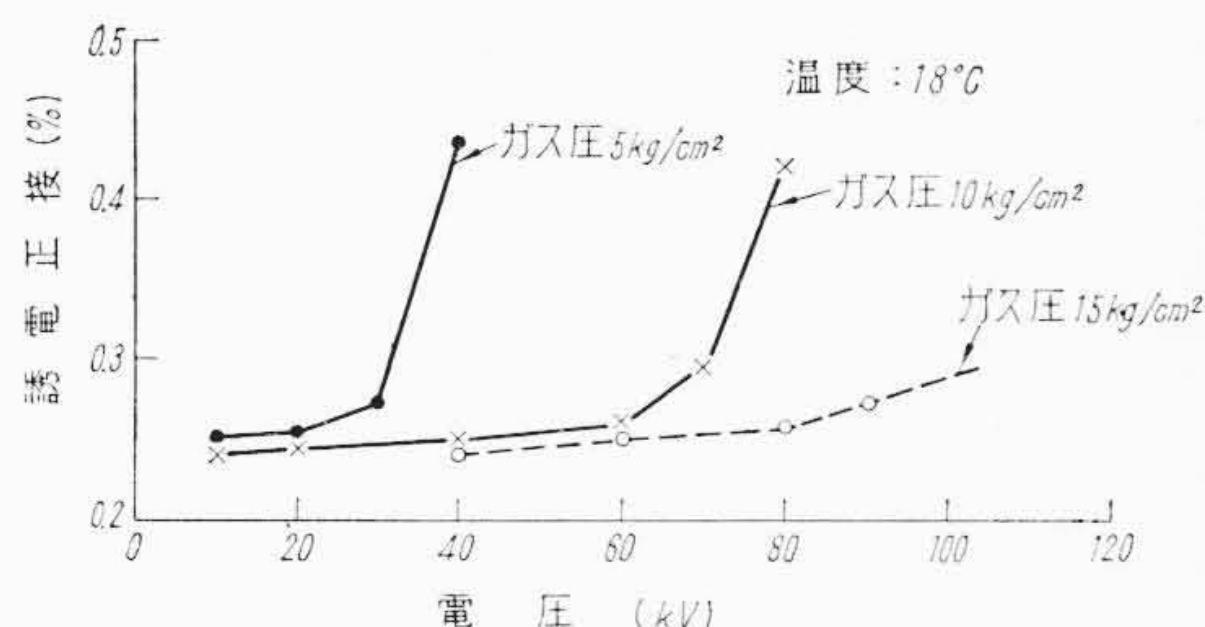
このケーブルは構造的に記録品であるため、基礎的な各種データをうるため、製造条件を変えた試料について次に述べるような特殊電気試験を行なった。試料は製造工程中に極度の油抜きを行ない、実際使用時の脱油よりもさらに進んだ脱油状態と推定されるものについて脱油率と衝撃破壊試験、誘電正接電圧特性およびイオン化開始電圧ガス圧特性を測定した。

3.7.1 脱油率と衝撃耐電圧特性

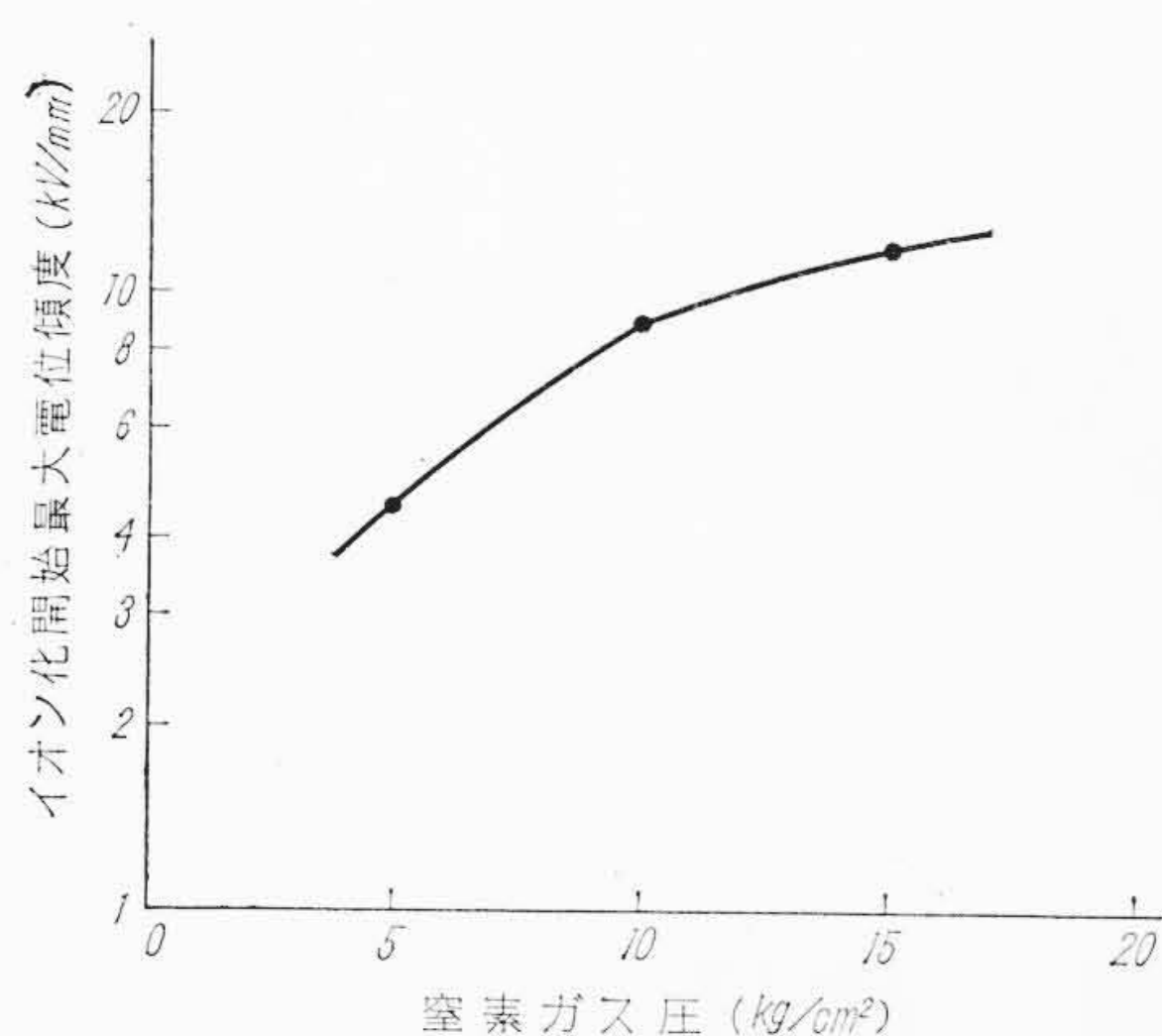
脱油率を変えた 5 本の試料について 3.4 と同様な衝撃電圧破壊試験を行なった結果を第 12 図に示す。各点はかなりバラついてはいるが、脱油率の増大とともに衝撃破壊電圧は低下する傾向が認められる。

3.7.2 誘電正接電圧特性およびイオン化開始電圧ガス圧特性

極度に脱油を行なった試料について、ガス圧を変えて誘電正接電圧特性を測定した。結果を第 13 図に示す。この結果をイオン化開始電圧ガス圧の関係に書き直したものを第 14 図に示す。このケーブルの使用電圧における最大電位傾度は 5.8 kV/mm であるから、第 14 図からガス圧力は 7 kg/cm² まで下がってもイオン化は起こらないであろうことが推定される。



第13図 誘電正接電圧特性



第14図 イオン化開始電位傾度

3.8 付属品の試験結果

終端箱については構造寸度、油圧、長時間耐電圧および衝撃耐電圧の各試験を行なった。構造寸度は第4図に適合し良好であった。油圧試験は、終端箱を組み立て内部に25 kg/cm²の圧力を加え1時間保持し異常は認められなかった。次に長時間耐電圧は、ケーブルの両端に140号と60号の終端箱をつないで行なった。電圧印加方法はケーブルと同様の方法によった。結果は255 kV 1時間30分にて60号終端箱内部にて破壊した。また衝撃耐電圧については、140号は730 kV、60号は530 kVにていずれも破壊しなかった。

バルブパネルについては構造寸度、接点付き圧力計動作試験などを行なったがいずれも異常なく、気密試験は25 kg/cm²のガス圧力を1時間印加して漏えいのないことを確認した。

4. 側圧に関する実験

4.1 実験の目的

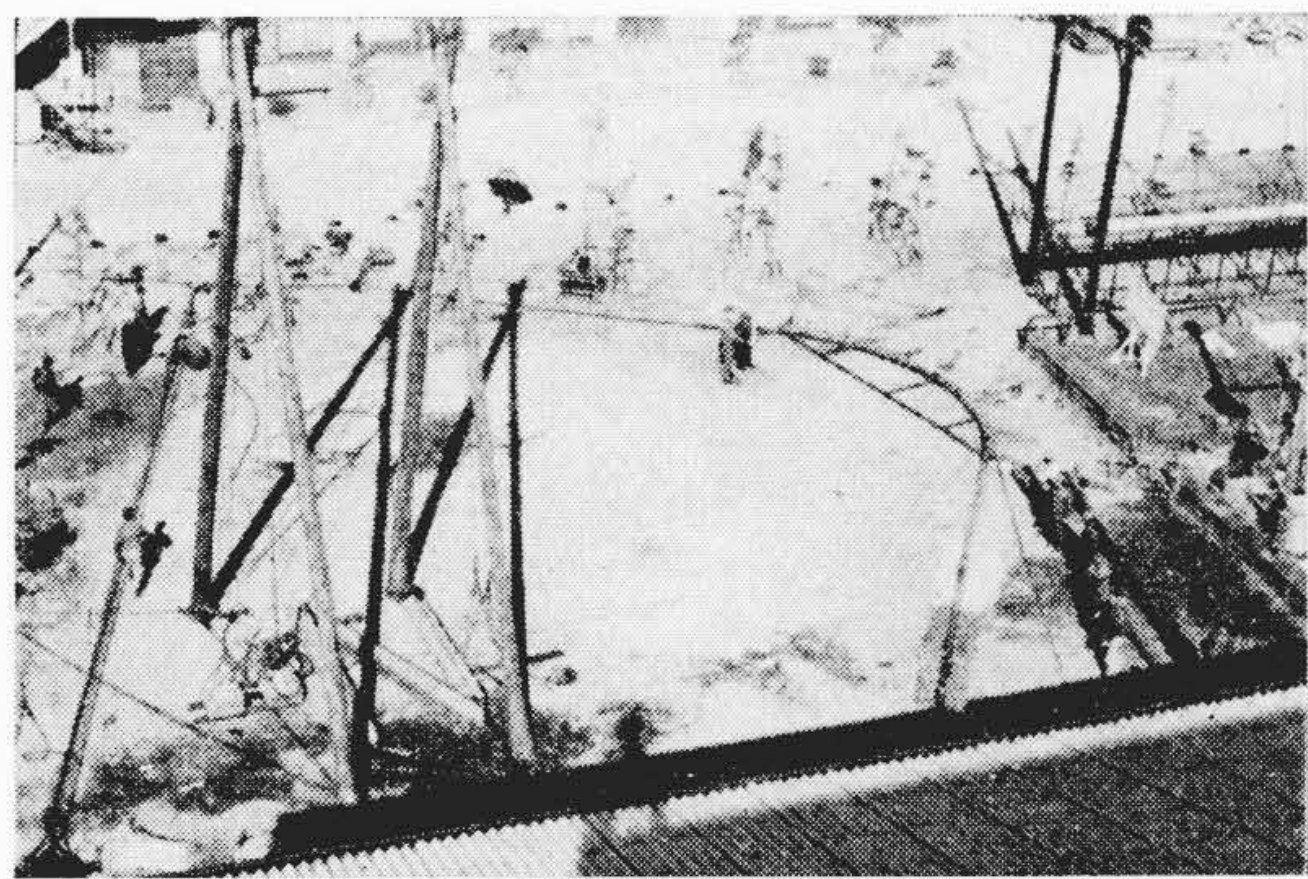
ケーブルの布設経路は前述したように直角曲がりや2箇所含んでおり、ケーブルの構造と引入張力および側圧の関係について検討を必要とした。

ケーブルはアルミ導体ではあるが、断面積は1,000 mm²であり、最大許容張力は導体断面の平方厘当たり4 kgと考えると12 tまでは許されることになる。ところが、引出口側に近いほうの直角曲がり部分において、パイプ形ケーブルの許容側圧とされている⁽⁴⁾ 600 kg/mを上回る計算値になる。このための対策を決めるために下記のような実験を行なったわけである。

4.2 張力および側圧の計算値

引き入れは建築物の関係で第1図の、変電所側より発電所側へ引く必要があったので、この条件で計算を行なった。計算方法は省略⁽⁴⁾⁽⁵⁾するが、各常数は次のとおりである。

基礎摩擦係数	0.25
ケーブル重量	16.2 kg/m
鋼管	8B
重量校正係数	1.248 (くら形配置)



第15図 実験装置

この条件によって引入張力および側圧を計算すると8,660 kgおよび9,540 kgが得られる。この値は前述したように12 t以下であるから、問題はない。

次に側圧は次式によって与えられる⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

$$P = \frac{T}{R}$$

ただし T : 引入張力 (kg)

R : 鋼管の曲り半径 (m)

P : 側圧 (kg/m)

ケーブル線心3条がくら形配置になっている場合は、最大側圧は中心導体にかかり、次のようになる。

$$P_c = \frac{(3W_c - 2)T}{3R}$$

ただし P_c : 中心導体の側圧 (kg/m)

W_c : 重量校正係数

この式によって側圧を求めると710~1,010 kg/mとなる。

4.3 実験装置

実験はできるだけ実際の条件を模擬するため、8Bガス管相当の鋼管を90度に曲げ、この中に線心3条を引き入れ逆張力をかけながら引張り、ケーブルの損傷状況を調べ、衝撃電圧破壊試験を行なうことにした。装置の概観を第15図に示す。逆張力を加えるには滑車を通して鉛のインゴットをつり上げる方法をとった。

上記の実験のほかに、2枚の鉄板の間にケーブル線心をはさみ、その上に荷重をのせて静的な状態で変形を測定する実験も補足的に実施した。

4.4 実験結果

まずケーブルの損傷状況の調査を行なったが、その結果を第5表に示す。これからわかるように側圧が1 t/m程度になると、スキッドワイヤの下の銅テープに損傷が現われてくることがわかる。

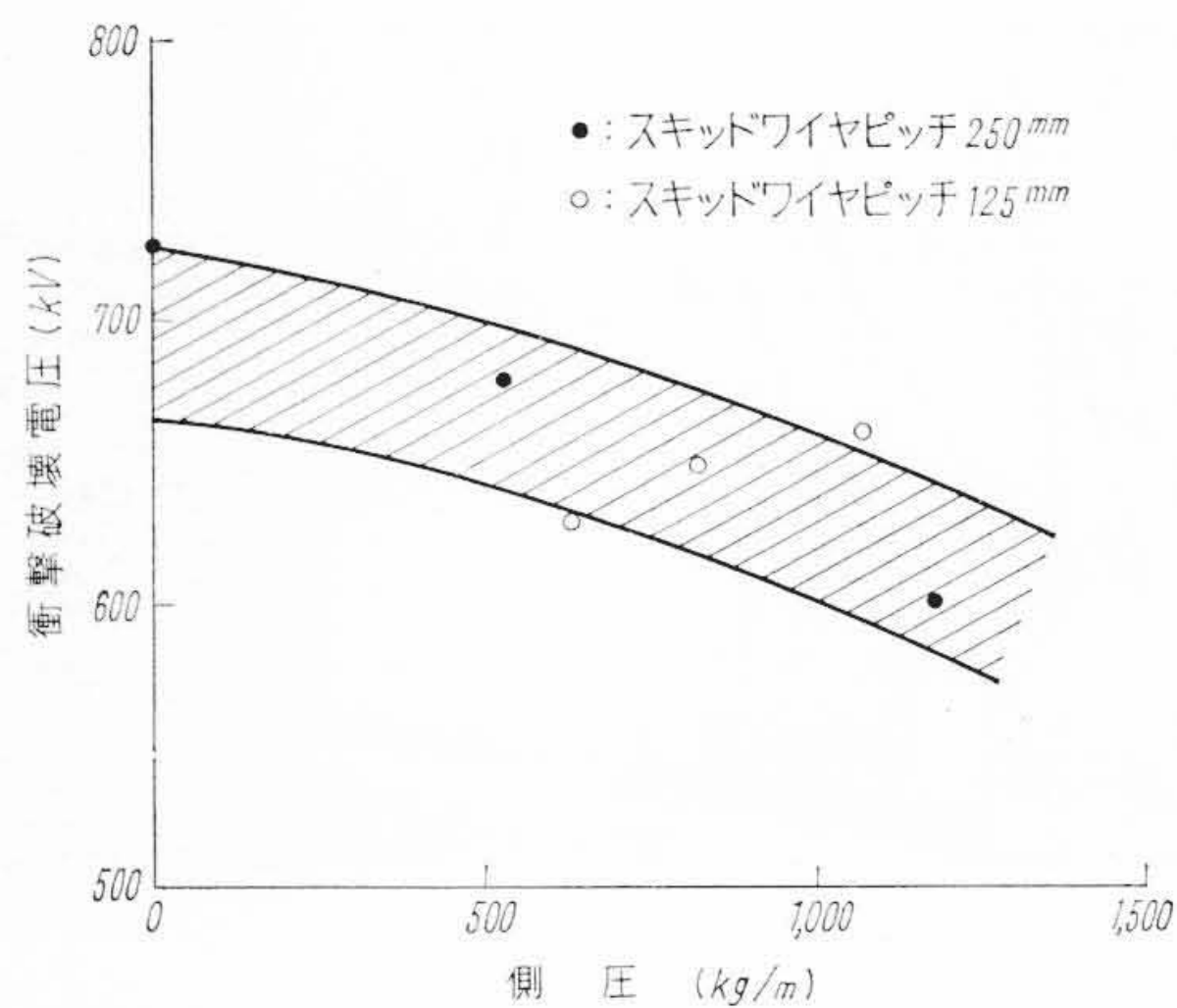
また衝撃電圧破壊試験の結果を、側圧との関係において示したものが第16図である。かなりのバラツキはあるが、過大な側圧は加えないほうが好ましいことがわかる。

さらにスキッドワイヤのピッチについても実験を行なったが、側圧が1 t/mをこえるとピッチを狭くしても銅テープの損傷に対する保護効果がそれほど増大しないことが認められた。

また静的荷重によるケーブル線心の変形試験の結果では700 kg/m程度の側圧を加えるとケーブル線心外径は約6 mm変形するが荷重を取り去ると約2 mm復元することがわかった。

これらの結果からみて従来いわれている600 kg/mという値はほぼ妥当なものであることがわかる。

このような検討に基づき、実際のケーブル布設にあたっては、ケーブルに特殊な補強を施し(実用新案出願中)またルートも最終曲がりの部分を切断し、ケーブルを引き入れたのちに溶接する方法をとることとした。



第 16 図 衝撃破壊電圧と側圧の関係

第 5 表 側圧実験結果

項目	試料番号	引回数	逆張力 (kg)	張力 (kg)	側 圧 (kg/m)	引入速さ (m/min)	備 考
1 引線入心	No. 1	2	1,600	2,600	520	2.5	補強層にすれ跡がついた
	No. 2	2	2,500	3,200	640	2.5	補強層上層 1 箇所切断
3 線心一括引入	No. 3		1,300		814	2.0	(1) No.3 補強層 2 箇所切断 (2) No.4 補強層 3 箇所切断 (3) No.5 補強層 1 箇所切断 (4) スキッドワイヤ間隔 125mm
	No. 4	2	1,300	6,800	452		
	No. 5		1,300		452		
	No. 6		1,850		1,170	2.0	(1) No.6 補強層 2 箇所切断 (2) No.7 補強層 2 箇所切断 (3) No.8 補強層 3 箇所切断 (4) スキッドワイヤの摩耗 0.2mm (5) スキッドワイヤ間隔 125mm
	No. 7	2	1,850	9,800	654		
	No. 8		1,850		654		
	No. 9		1,800		1,075	2.0	(1) No.9 補強層割れ多数 (2) No.10 補強層切断 2 箇所割れ多数 (3) No.11 補強層割れ数箇所 (4) スキッドワイヤ間隔 50mm
	No.10	2	1,800	9,000	600		
	No.11		1,800		600		

5. ケーブルの布設工事

4 で述べたような検討を基礎とし慎重な引き入れおよび接続工事を行なった。

5.1 引 入 準 備

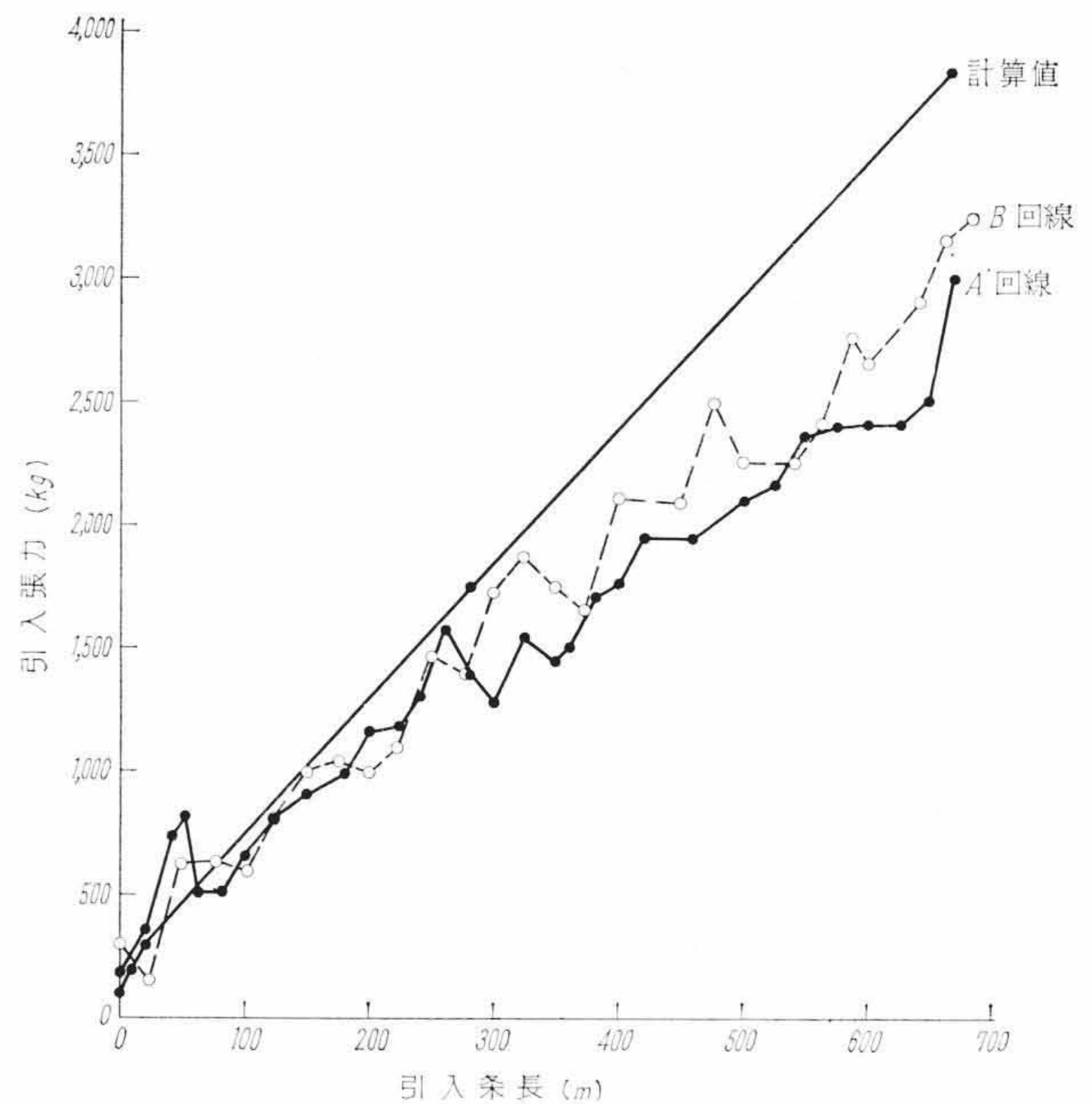
鋼管の内部を清浄にするため、204φ のポリエチレンの円板を合わせたクリーナを通し、続いて 197φ の木製試験球を通した。これは前に述べたように本ケーブルでは Jam Ratio の点が心配されたため、曲管の部分の偏平度を測定するために通したものである。

次に試験ケーブルとして、実際布設されたケーブルと同じケーブルを 15 m 3 条一括して、逆張力を 4.3 で述べたと同様な方法で約 600~2,000 kg かけ、1,900~3,200 kg 程度の引入張力で通し、線心の損傷の状況を調べた。その結果、スキッドワイヤのずれが約 3 mm 程度見られたが、補強銅テープにはまったく異常は認められなかった。

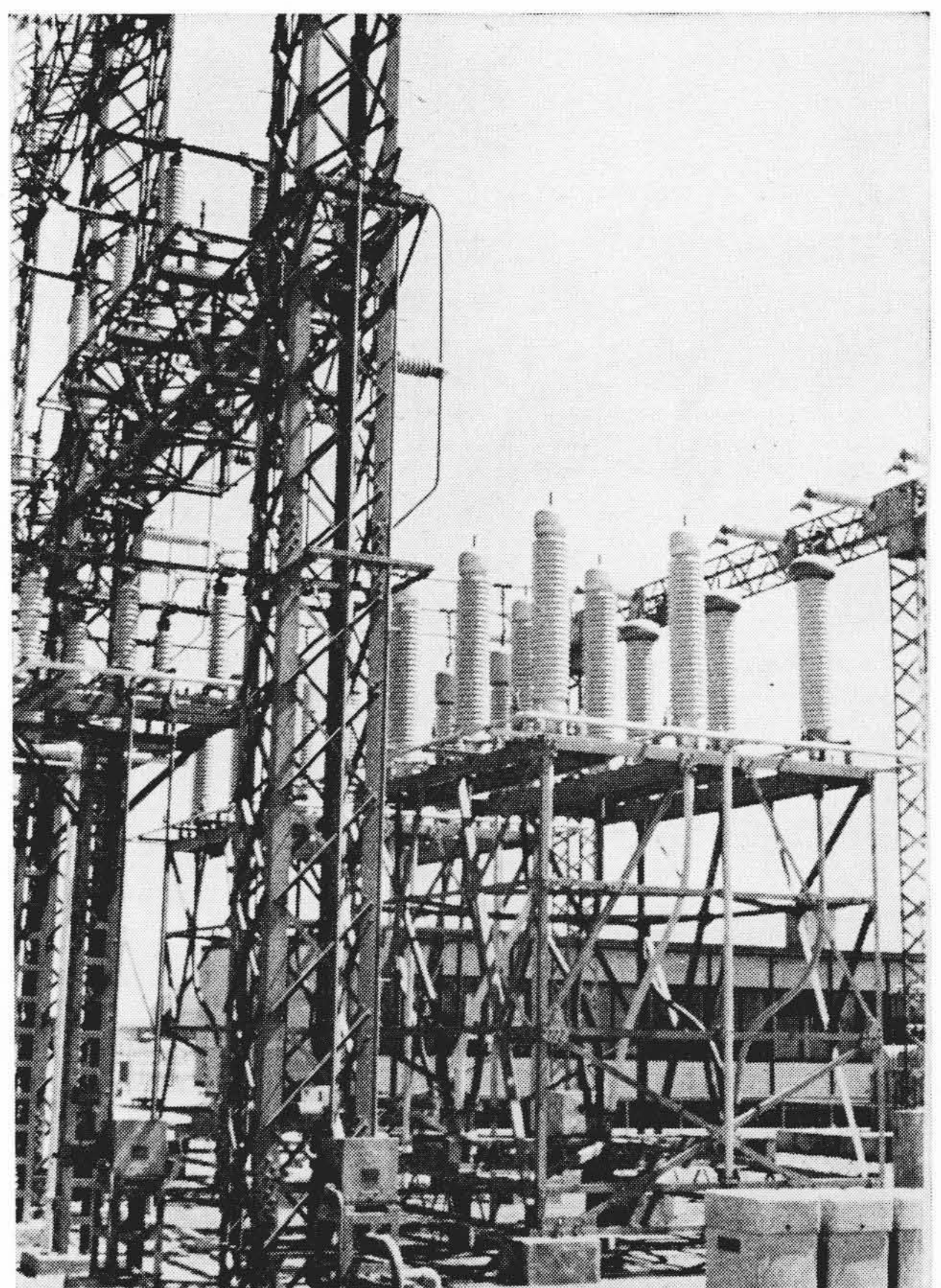
次に鋼管内のすべりをよくするため、鋼管内部に一様に滑油を塗布した。

5.2 引き入れと接続

ケーブルの引き入れは 15 t のウインチによって行なった。変電所側では仮鉛被をはぎ取りながら、3 条一括してそう入したが、立ち上がりの曲線は溶接しておき、ベルマウス管の代用とした。引入用ロープには 6/8 を使用し引入速度は 5~8 m/min とした。引入張力の実測値と計算値を 第 17 図 に示す。



第 17 図 引 入 張 力



第 18 図 完 成 状 況

引き入れは順調に行なわれ、ケーブル線心には損傷などはまったく認められなかった。ケーブル引き入れ終了後、ただちに鋼管のそう入を行ない溶接したのち、分岐箱取り付けおよび分岐銅管の取り付けまで完了してナイトキャップをかぶせた。

その後 0.5 kg/cm² 程度の窒素ガスを封入した。

終端箱の取り付けに際しては、活線状態の架空線との離隔距離が狭く作業上慎重な配慮を必要としたが、幸い無事故で完成することができた。完成状況を 第 18 図 に示す。

5.3 完成試験

全系統完成後、真空引きを行ない、真空度低下試験により漏れ、吸着水分のないことを確認した。その後窒素ガスを充てんし 25 kg/cm² 1時間の気圧試験を行ないその後ガス圧を常圧 15 kg/cm² にもどし直流 151.8 kV 10 分間の耐電圧試験を行なった。

またケーブル回線間のインピーダンスの不均衡についても測定したが、両回線間の最大不平衡率は14%であった。

6. 結 言

パイプ形ケーブルにアルミ導体を適用することにより、種々技術的、経済的利益が得られるが⁽⁶⁾、筆者らは種々の技術的問題点を検討し下記のような結論を得た。

- (1) 機械的な問題点については、すでに報告⁽¹⁾したように解決済みである。
- (2) 運転上の諸問題については、たとえば脱油、最低運転圧力

などの目安をうることができた。

(3) 送電容量、地盤沈下などの点も検討したが問題はない。

(4) 引き入れに関連する基本的な諸実験を行ない無事布設することができた。

終わりにこのケーブルの納入に際しご指導いただいた昭和電工株式会社の各位ならびに共同工事に従事された藤倉電線株式会社および昭和電線電纜株式会社の各位に深じんな感謝の意を表明する。

参 考 文 献

- (1) 今井、永野、福田、川西、比企野：昭 37 電四連大 735 (昭 37-4)
- (2) J. H. Neher, M. H. McGrath: TAIEE, 76, pt. III, 752 (1957)
- (3) 奥山：日立評論 43, 2069 (昭 36-11)
- (4) AEIC: UNDERGROUND SYSTEMS REFERENCE BOOK (1957)
- (5) R. C. Rifenburg: TAIEE, 72, pt. III, 1275 (1953)
- (6) J. Sticher, L. Meyerhoff, R. H. Hiester, M. H. McGrath: TAIEE, 73, pt. III, 1126 (1954)



新 案 の 紹 介



登録新案 第 535805 号

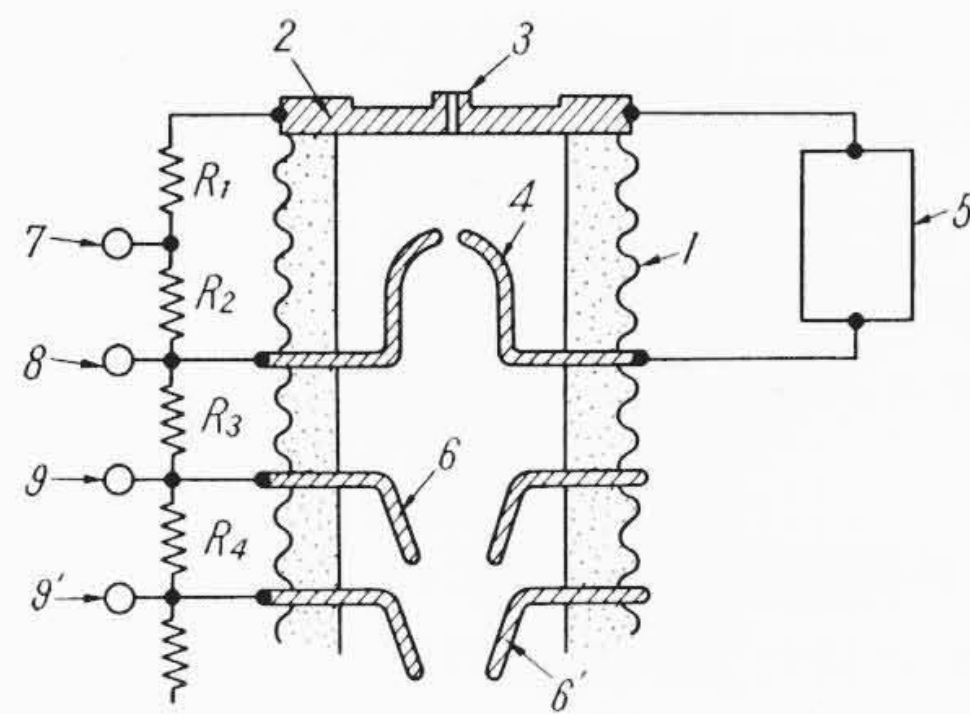
菅ノ又伸治・赤津 芳

高 電 圧 加 速 装 置

ファンデグラフ装置などの高電圧加速装置においては、分圧抵抗の値およびその接続法が適当でないため、せん絡事故を起こしたり、最適の集束電圧調整が困難になったり、ベルトの放電を起こしたり種々の不都合を生じている。

この考案は分圧抵抗 $R_1, R_2, R_3, R_4, \dots$ の値を、 $R_1 = R_2 \ll \frac{R_3}{2}$, $R_3 = R_4 = \dots$ の関係にすることにより集束電源 5 の電圧が零になった場合でも集束電極 4 と加速電極 6 間に過大な電圧がかかることがなくなり、また集束電極 4 を環状電極 8 に接続することによりこの部分の電位分布の乱れをなくし上記の欠点を解決した。

図で、1 は加速管、2 は端部電極、3 はイオン源連通孔、4 は集束電極、5 は集束電源、6, 6'.....は加速電極、7, 8, 9, 9'.....は環状導体、 $R_1, R_2, R_3, R_4, \dots$ は分圧抵抗である。(手 島)



日立評論別冊論文集

原 子 力 論 文 集

昭和 37 年 8 月 発行

最近のわが国の原子力産業技術の水準を示す技術論文の集大成で、下記の論文を掲載している。(1冊 150 円 送料 90 円)

目 次

- ・原子力開発の現状
- ・JRR-3 (国産一号実験用原子炉) の建設
- ・日立教育訓練用原子炉 (HTR)
- ・東京大学納臨界未満実験装置
- ・王禅寺臨界実験装置 (O.C.F.) の概要
- ・原子炉設計における大形電子計算機の役割
- ・沸騰水形炉の動特性に関連した二相流問題
- ・沸騰伝熱の実験的研究
- ・沸騰水形原子炉における飛沫除去
- ・原子炉自動制御系の解析
- ・原子炉の安全系統

- ・二酸化ウランの焼結過程とその機構
- ・原子炉用高張力鋼の熔接性ならびに機械的性質について
- ・鋼の中性子照射損傷に関する研究 —— 原子炉圧力容器用炭素鋼および低合金鋼の放射線損傷 ——
- ・中央フィード形パルスコラムの抽出特性
- ・日立核融合実験装置
- ・6 MeV 線形電子加速装置の試作
- ・5 MeV パン・デ・グラフ形粒子加速装置
- ・放射線によるポリエチレンのグラフト重合
- ・亜酸化窒素化学線量計
- ・放射性同位元素の工業計測への利用

発行所 日立評論社 東京都千代田区丸の内1丁目4番地 振替口座 東京 71824 番
 取次店 株式会社 オーム社書店 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 振替口座 東京 20018 番