## 100kV パイプ形ガスコンプレッションケーブルの諸特性

Various Characteristics of 100 kV Pipe Type Gas Compression Cable

清\*\* 雄\*\* 井 清 哲 夫\* 今 井 敏 中西一 Kazukiyo Nakanishi Toshio Imai Tetsuo Isei 比企野 恭 二\*\* 池田健 奥 山 健 Kyôji Hikino Kenzô Okuyama Kenji Ikeda

#### 内 容 梗 概

100 kV 系統におけるわが国初のパイプ形ガスコンプレッションケーブルを中国電力株式会社に納入したの でその概要を述べる。ケーブルは 250 mm<sup>2</sup> のだ円形圧縮導体で,ポリエチレンシースを有し,6Bの防食銅管 に収める。ルートは 1,870 m で中間に 4 箇所の直線接続箱を有している。終端箱には塩害を考慮して 140 号の がい管を使用しアーキングホーンを取り付けた。

ルートは専用橋による鉄道横断部,河底横断部など起伏に富み,工事にはかなりむずかしい問題があったが すべて解決した。鋼管の防食はアスファルト系の防食層のほかに整流器による外部電源式防食法を併用した。

ケーブルの負荷は 30 t 電気炉 2 台が主負荷となるので, 間欠的に変動する負荷に対するケーブルの送電容量 の検討を行なった。また架空線と直結されるため, 雷サージに対する保護の問題について, サージ計算盤によ って検討を行なった。

また万一ケーブルにガス漏れが生じた場合,漏れ発見の手段としてガスあわ法による模擬的実験と,フレオ ンガスによる検出実験を行なった。

#### 1. 緒 言

わが国においてパイプ形ケーブルがはじめて使用されたのは昭和 31年であったが、その後各地において使用実績がふえ、電圧も20、 30、60および70kVにおいて広く使用されている。これはパイプ 形ケーブルの経済的、技術的特色がようやく一般に広く認識されて きたため、その適用条件の選定が妥当になったものと推定される。

今回中国電力株式会社において計画した日立金属工業株式会社安 来工場の100kV引込線は、その立地条件よりみてOFケーブルより もパイプ形ケーブルの方が技術的,経済的に有利であることから, わが国においてはじめて100kV線路にパイプ形ケーブルを採用 することになった。ケーブルの布設ルートを第1図に示す。安来工 場内の受電所において架空線と接続し、そこから地中に埋没され、 安来工場内を横断して後山陰本線を専用橋により架空横断する。そ の後屈曲の多い市街地にはいり、河底横断を経て新設の海岸工場変 電所に立ち上る。全長は約1,850mであって途中ルートは道幅が狭 く、みぞを掘ったまま長期間放置することができない。このように、 本ケーブルルートがOFケーブルよりもパイプ形ケーブルを技術的 に有利とする諸点をあげると次のとおりである。

(1) ルートが架空布設,河底布設を含み, OF ケーブルではその支持および保護がむずかしくなること。

(2) 管路式 OF とするには、ルートのこまかな曲がりが多いこと、またマンホールの設置場所がないこと。

(3) 直埋式 OF とするには、市街地の道路幅が狭くみぞを長期 間据り放しにしておくのがむずかしいこと。

以上述べたような技術的諸点のほか,管路式および直埋式 OF に 比べてパイプ形が安くなる点より,わが国で初の100kV ガスコンプ レッションケーブルの採用が決定された。この報告は,本ケーブル



第1図布設ルー

2. ケーブルおよび付属品とそれらの特性

2.1 ケーブルおよび鋼管

----- 79 -----

ケーブルの構造を第1表に示す。導体はダイヤフラム作用を十分 に行ない、導体内部における過渡的な油圧変動を極力少なくするた め、だ円形の圧縮導体としている。導体上には衝撃および交流の耐

の構造,諸特性を報告するものである。

\* 中国電力株式会社
\*\* 日立電線株式会社電線工場
\*\*\*日立製作所日立研究所

電圧特性の改善を目的としてカーボン紙を巻いた。
絶縁厚の決定については、交流長時間特性は使用電圧に対して十
分余裕があるので衝撃電圧特性について考慮すればよい。第2表に
日立電線株式会社において行なったガスコンプレッションケーブル
の衝撃電圧破壊特性を示す。これより導体上にカーボン紙を巻いた
コンプレッションケーブルは常温において 130 kV/mmの衝撃電圧
破壊最大電位傾度を有するとみてさしつかえない。次に、使用温度

状態における衝撃破壊電圧は, 日立電線株式会社における実験結果 によれば第2図に示すように、常温からの低下率は約10%である。 また他の研究者の結果①も参考にすると,80℃における衝撃電圧破

第1表 ケーブル構造

	項	日	単 位	規 格 値			
基 準 電 圧		V	110,000				
線 心 数				3			
導	公 称 断 面 積		mm <sup>2</sup>	250			
	より本数			61			
体	形	状		だ円形, 圧縮より線			
	小	法	mm	$16.5 \times 21.5$			
絶縁厚さ			mm	11.5			
遮 へ い 層 厚 さ (約)			mm	0.3			
座床層厚さ(約)			mm	0.25			
ポリエチレンシース厚さ			mm	2.0			
ポリエチレンテープ厚さ			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	心寸	法(約)	mm	39×54			
概	算 重	量 (3心)	kg/km 15,260				
最 :	大導体抵	抗 (20℃)	Ω/km	0.0726			
	Street Street						

壊最大電位傾度は110 kV/mm であるとみてさしつかえない。

一方ケーブル系統の必要衝撃耐電圧は線路の避雷器の制限電圧に よって決まるが、100 号系統では BIL は 550 kV であるから、耐圧 値として 30% の余裕をみると 715 kV となる。これに対し破壊値と しての余裕を 10% みると 790 kV になり、 250 mm<sup>2</sup> に対しては 11.5 mmの絶縁厚になる。この場合交流の最大電位傾度は8.6 kV/ mmとなり、長時間破壊電位傾度に対して5~6倍の安全率を有し ていることになる。

第2表 衝擊破壞最大電位傾度

導体遮へい	導体サイズ (mm <sup>2</sup> )	最大電位傾度 (kV/mm)	平均 (kV/mm)
なし	50 80	128 117	123
グラファイト紙	80	124	121
グラファイト紙	150	119	
カーボン 紙	150	139	137
カーボン 紙	100	135	

		第3表	鋼	管	の	構	造		
	項		目		単	位	規	格	値
鋼	内	径	(約)		mm			155.2	
	肉	厚	(約) mm		nm		5.0		
管	外	径	径		mm			165.2	



-0--0-

0---0



10°

10

105

10'



後述するように鋼管は6Bを用いるた め, Jam Ratio の点より線心3条はより 合わせした状態で現地へ運搬することとし た。最長区間は420mに達したため、ッバ 径3m, 横幅2.22mの超大形巻わくを用 い, シキ40号貨車によって輸送する必要 があった。

鋼管の構造を第3表に示す。アスファル トとビニロンクロスを用いた防食層のほか にヒシチューブを用いている。ヒシチュー ブは鋼管の製造時に被覆するが,これ自体 は絶縁性能はきわめて高いけれども,鋼管 の溶接部の作業方法によってはこの部分の 絶縁抵抗の低下が比較的早く起きることが 知られている。日立電線株式会社において この点を検討するため接続部の施工方法を 変えた各種の試料を作成し,酸性およびア ルカリ性の溶液中に浸漬して絶縁抵抗低下 を実測した。その結果を第3図に示す。こ のように施工方法の適,不適により絶縁抵

2.2 付 属 品

第5図 直 線 接 続 箱



#### 2.2.1 終 端 箱

終端箱には塩害を考慮して140号のが い管を使用した。油量補償機構には,上 部にガス室を設けた自蔵式を採用した が,油面の低下を防ぐため,油止め層を 設けている。また線路の絶縁協調をとる ため,終端箱にはアーキングホーンを取 り付けた。

また終端箱下部の油止めには,ケーブ ル線心を過度に締め付けることなく油を 止めることのできるノンスキーズパッキ ンを使用している。また後述するように このケーブル系統には外電式電気防食を 採用したため,各線心終端箱は支持がい

子によって架台からうかせた。

終端箱の詳細を第4図に示す。

2.2.2 直線接続箱

直線接続箱は,第5図に示すとおりダイヤフラムシースに熱収 縮性のポリエチレンチューブを用いている(実用新案出願中)。こ れは熱を加えると残留応力により収縮するものである。この方法 によると,テープ巻や機械的にシールする方法に比較して施工が 簡単であり,完全に油密および気密のものを得ることができる。

送電電圧が高く高度の電気性能が要求されるため,油浸紙の施 工方法,特に絶縁油を多量に内蔵するように施工する方法につい て最も苦心を払った。このためにロール紙の前処理,油含浸など につき慎重に検討の結果,満足な特性のものが得られた。

接続箱の鋼管には後述するようにガス漏れ検知を容易にするた

第6図 給 ガ ス 系 統 ボリエチレンシースは耐油性のよい黒色ポリエチレンを被覆した。 補強層はポリエチレンテープ,銅テープおよび2本の真鍮スキッ ドワイヤによって構成されるが、側圧の影響<sup>(2)</sup>を考慮に入れた安全 な構造とした。 81 - - 81 - 86 あガスの採取,圧入が容易にできるようなユニオンを取り付けている。

評 論

立

日

第 44 巻 第 12 号

接点付圧力計を有し,ガス圧が規定値以上または以下に上昇また は下降した際に警報を発する。警報受信装置は監視所に設置さ れ,警報をブザーおよび赤ランプによって受信する。

ボンベハウス内の予備ボンベの本数は次のように決定された。 内部圧力 Poの流体が穴を通して外部圧力 P のところへ流出す る場合の流速 v は次式で与えられる<sup>(3)</sup>。

*vS*=5.98×10<sup>2</sup> (cm<sup>3</sup>/s)=2,150 (*l*/h) 鋼管内に存在するガス容積 *V<sub>P</sub>* は

鋼管内径: 155.2 mm

鋼管長さ: 2,430 m (その後実際は 1.853 m に変更された) であるから,

 $V_P\!=\!3.14\! imes\!10^4$  (  $\ell$  )

鋼管内が 16 気圧から 14.5 気圧に下がるまでに流出するガス量



 $V_1$  / t,

 $V_1 = 3.14 \times 10^4 \times \frac{16 - 14.5}{16} = 2.94 \times 10^3$  (*l* at 16 気圧) = 4.7 × 10<sup>4</sup> (*l* at 1気圧)

ボンベ1本あたりのガス量を5×10<sup>3</sup> とすると、V<sub>1</sub>を再充てん するに必要な予備ボンベ数は

$$N = \frac{4.7 \times 10^4}{5 \times 10^3} = 9.4 = 10 \quad (\texttt{A})$$

#### 2.2.4 電気防食装置

パイプ形ケーブルの鋼管の防食法については、従来わが国にお いては流電陽極式の電気防食が主用されてきたが、アメリカでは むしろ整流器を用いたいわゆる外電式が数多く用いられてい る<sup>(4)</sup>。日立電線株式会社においては、日高工場構内でのモデル布 設ケーブルによりこの両方式の得失を比較し、あらゆる土壌条件 に適合するものとして外電式防食法がすぐれていることを報告し たが<sup>(5)</sup>、今回の布設地においても土壌の固有抵抗が高く、流電式 によっては十分な防食効果が期待されないことが懸念されたの で、外電式の防食法が採用されることとなった。

防食 会置の設計にあたっては,事前に現地の土壌固有抵抗,埋 設物などの十分な調査を行ない,その結果を参照して次のように 機器の定格を定めた。

- 整流器: 自立形油冷式全波整流方式, セレン整流器
  - AC 側: 3 φ 210 V (電圧タップ170~250 V) DC 側: 40 V×15 A
- 埋設陽極: 磁性酸化鉄電極  $50 \phi \times 850 \text{ mm}$ 
  - 電極用リード線: 8 mm<sup>2</sup> PE 絶縁 PVC シース電

#### 気防食用電線

2.3 ケーブルおよび付属品の試験結果

#### 2.3.1 ケーブルの試験結果

ケーブルのわく長試験として、大気圧、室温における絶縁抵抗、静電容量、絶縁耐力、導体抵抗および誘電正接試験を行なった。まず絶縁抵抗は 500 V で 1 分間充電後直偏法により測定したが、20℃において 58,000 M  $\Omega$ -km であった。静電容量は 1,000 サイクル交流ブリッジ法により測定したが、20℃において 0.268~ 0.270  $\mu$ F/km であった。絶縁耐力試験は交流 110,000 V を 10 分間課電した。導体抵抗はケルビンダブルブリッジ法により測定し、その値は 20℃において 0.0688~0.0692  $\Omega$ /km であった。また誘電正接は 31.8 kV (使用電圧の 1/2) および 63.6 kV (使用電圧)において測定した値は 0.28~0.30% であった。

次に試料試験として,屈曲試験,長時間耐電圧試験,衝撃耐圧 試験,誘電正接温度特性試験および構造試験を行なった。

屈曲試験は長さ約7mの線心1条をとり、5~10℃の水中に2 時間浸漬後、ただちにその短径の約20倍の直径を有する円筒の 外周に沿い徐々に180度曲げ、さらにこれを反対方向に曲げたの ち直線状に復帰する。このサイクルを2回(曲げ回数4回)のの ち、解体して調査したが、紙切れなどの異常は認められなかっ た。

次に長時間耐電圧試験としては前記の屈曲を行なった線心につ き,これに15 kg/cm<sup>2</sup>の外圧を加えて導体と遮へい間に交流 160,000 V を課電し,連続6時間これに耐えたのち3時間ごとに 20,000 V の割合で昇圧し,破壊に至らせる方法をとった。その結 果 360 kV 47 分で破壊したが,この値は常時使用電圧に比べ5.5 倍の安全率をもっている。

衝撃耐電圧試験としては長時間試験と同じように準備した試料

subs set is const

電位測定用ターミナル:約400mおきに,鋼管の溶接用カラ ーの部分に取り付ける

これらの機器をケーブル系統に取り付ける場合の結線図を第7 図に示す。この方法によれば,Kulman氏の方法<sup>(6)</sup>のように整流 器の容量が過大になることもなく,また変電所の接地網と連接接 地した場合に,接地網の消耗を起こす心配がないのですぐれた結 線方法である。 に1×40 µsの標準波形を有する負波衝撃電圧 660,000 V を 3 回印 加し,これに耐えたのち 20,000 V 宛昇圧し各 3 回印加し破壊に至 らせる。この結果 1,020 kV 1 回にて破壊した。この値は B1L 550 kV に対し 1.8 倍程度の安全率を有している。 これらの値はいずれも初期の設計値に対し,満足な値である。 誘電正接の温度特性は長時間および衝撃耐電圧試験と同じよう に準備した試料について測定した。測定結果を第8 図に示す。 100kVパイプ形ガスコンプレッションケーブルの諸特性

#### 2.3.2 付属品のおもな試験結果

付属品のうち直線接続箱と終端箱に対しては,ケーブルの場合 に準じて長時間耐電圧試験および衝撃耐電圧試験を行なった。

まず直線接続箱は長時間破壊電圧は340 kV1時間20分,衝撃 破壊電圧は980 kV3回目であった。

終端箱は長時間破壊電圧は 360 kV 47 分,衝撃電圧試験は 900 kV まで破壊しなかった。またアーキングホーンをつけた場 合のせん絡特性は第9 図に示すとおりである。

#### 2.4 送 電 容 量

本ケーブルの負荷は主として電気炉であるため,非常に過酷な負 荷変動を受ける。そのため変動負荷に対する電流容量について検討 した。

方形波または正弦波状に変動する負荷による導体の温度上昇は次 式で与えられる<sup>(7)</sup>。

 $T_{c} = Q[H_{int} + (LF)H_{ext} + \{1 - (LF)\}H_{et}$ ただし  $T_{c}$ : 導体の温度上昇 (°C)

Q: 熱 流 (W/cm)
H<sub>int</sub>: 導体と鋼管の間の熱抵抗 (℃ cm/W)
H<sub>ext</sub>: 定常成分の土壌熱抵抗 (℃ cm/W)
(LF): 損 失 率

$$H_{\text{et}}$$
: 等価過渡土壌熱抵抗 ( $\mathbb{C} \text{ cm/W}$ )  
= $A\rho \log_{10} \frac{B \sqrt{\alpha t}}{D_e}$  ( $\mathbb{C} \text{ cm/W}$ )  
 $D_e$ : 鋼 管 外 径 (mm)  
 $A, B$ : 実 験 室 数  
 $\rho$ : 土壌の固有熱抵抗 ( $\mathbb{C} \text{ cm/W}$ )

 $H_{\rm et}$ を書き直すと,

$$H_{et} = 0.366 \ \rho \log_{10} \frac{50}{D_e} \sqrt{\frac{\alpha}{f}} \quad ( \text{E 弦 負荷} )$$
$$= 0.366 \ \rho \log_{10} \frac{120}{D_e} \sqrt{\frac{(LF)\alpha}{f}} \quad ( f \text{所負荷} )$$

また

$$H_{\rm ext} = 0.366 \ \rho \log_{10} \frac{4 \ l}{D_e}$$

であるから T<sub>c</sub>を書き直して

$$T_e = Q \left( H_{\rm int} + \frac{Q_e}{Q} H'_{\rm ext} \right)$$

とすれば

 $H'_{\rm ext} = (LF) H_{\rm ext} + \{1 - (LF)\} H_{\rm et}$ 

- ただし H'<sub>ext</sub>: 負荷サイクル時における土壌の等価熱抵抗 (℃ cm/W)
  - *l*・埋 設 深 さ (mm)
  - Q: 1心当たり発生熱量 (W/cm)



第9図 アーキングホーンの乾燥せん絡特性

*Q*<sub>e</sub>: 土壌中の熱流 (W/cm)

 $\alpha$ : 土壌の熱拡散係数 (cm<sup>2</sup>/h)

これらの式は主として日負荷を対象としているものである。われ われの場合は非常に変動の速さが早いのでこの点若干実情にそぐわ ないうらみがあるが、電気炉負荷のように変動の速いものに対する 厳密な検討は後日にゆずり、ここでは上記の式を用いて計算を行な うこととした。

本ケーブルの主負荷は 30 t 電気炉 3 台であるが, 模擬的に 第 10 図のような 40 t 炉の電流波形について検討を加える。第 10 図 の場 合電流 I は, 次式のように書くことができる。(第 10 図は 1 台当た りにつき 3 倍する)。

 $I=360+36\sin\omega t$  (A)

 $\omega = 2 \pi f$ 

f = 864 (c/s)

(*LF*) は

(LF) = 0.83

これにより計算を行ない,  $T_c=42.5(\mathbb{C})$ を得る。すなわち基底温度を 25℃ としても最高導体温度 67.5℃ となり,許容温度 80℃ に対し安全側にあることがわかる。

次に上記の負荷電流に,どれ位の定常電流(電気炉以外の負荷)が 重畳しうるかを求める。まず I の定常成分を 360+25,360+60,360



— 83 —

立 評 論

第 44 巻 第 12 号

![](_page_5_Figure_4.jpeg)

(A) 実 回 路

![](_page_5_Figure_6.jpeg)

+70(A)と仮定し上記と同じ計算を 行なうとそれぞれ *T*<sub>e</sub>=48,56.4,58.2 (℃)を得る。これをグラフ上にプロ ットして曲線を描き,許容温度上昇 55℃に対応する許容電流として415 (A)が求められる。すなわち 30 t 炉 3 台のほかに 55 (A)の定常電流を 重畳しうるが,これは 67 MVA の電 力となる。

2.5 サージ計算

このケーブル系統に,架空線の逆 せん絡によるサージが侵入した場 合,ケーブルに発生する異常電圧に ついて,日立研究所のサージ計算盤 により検討した。第11図は系統の 実回路および模擬回路を示す。また 計算のための諸条件を次のように設 定した。

(i) 架空線 173 m 間(既設鉄塔
 一新設鉄塔間)で逆せん絡が生じ
 た場合を想定する。

(ii) 懸垂がい子1連は8個連と

![](_page_5_Figure_13.jpeg)

して防絡金具を持ち50% せん絡

電圧は 580 kV である。

(iii) アーキングホーンはケーブルの両側の終端箱に取り付けられるがこのせん絡値を650 kV とする。

(iv) 線路定数

ケーブルインピーダンス: 40.5Ω/1心当たり

架 空 線: 160 mm<sup>2</sup> ACSR

塔脚接地抵抗: 15Ω

避 雷 器: 両端とも日立製作所製 ODB-200 計算は,架空線の防絡金具が動作する場合としない場合および両端 の避雷器が動作する場合としない場合について行なった。

侵入電圧としては,

防絡金具が動作しない場合: がい子8個連の50% せん絡電圧 780 kV とする。

防絡金具が動作する場合: 580 kV とした。

また避雷器の制限電圧は305kVとする。

計算結果を第12~15図に示す。既設鉄塔すなわちA点で逆せん 絡が生じた場合,日立SS 側避雷器 Arr<sub>1</sub>と日立海岸側の避雷器 Arr<sub>2</sub> が両者とも動作しないときには架空線とケーブルとの接続点 e<sub>b</sub> は

防絡金具が動作しないとき: BILの154%(第12図より)

防絡金具が動作したとき: BILの104%(第13図より) となる。また日立SS 側変圧器端子 *e*<sub>1</sub>,日立海岸側変圧器端子電圧 *e*<sub>2</sub>は,

防絡金具が動作しないとき:

 $e_{T_1}$ : BIL の 268% (第 12 図より)

e<sub>T2</sub>: BILの178% (第12図より)

![](_page_5_Figure_32.jpeg)

防絡金具が動作したとき:

 $e_{T_1}$ : BIL の 181.5% (第 13 図より)  $e_{T_2}$ : BIL の 173 % (第 13 図より)

日立SS側 Arr<sub>1</sub> が動作して日立海岸側 Arr<sub>2</sub> が動作しない状態で

- は、防絡金具が動作すれば eb および er2 は第13 図からわかるよう
- に, BIL に対し 15% 以上の裕度がある。

となる。

----- 84 ------

100 kVパイプ形ガスコンプレッションケーブルの諸特性

![](_page_6_Figure_1.jpeg)

2019

また反対にArr2が動作してArr1が不動作の場合は、防絡金具の 動作のいかんにかかわらずebはBILの限界以内にあるが、そのほ かの端子電圧は BIL を上回わっている。

次に新設鉄塔B点で逆せん絡が生じた場合は,第14,15図に示す ように、Arr1 および Arr2 がともに動作しない場合の er2 は、

防絡金具が動作しないとき: BILの268.5%(第14図より)

防絡金具が動作したとき: BILの180 % (第15図より) となる。また日立 SS 変圧器端子電圧 er1, 既設鉄塔の分岐点電圧 ea は、第14図からわかるように防絡金具不動作のとき BIL の 220%, また第15図からわかるように防絡金具動作のとき BILの 150% と なる。また Arr<sub>1</sub> が動作し、Arr<sub>2</sub> が動作しない場合は、 $e_a$  は防絡金 具不動作のとき BIL の 100% (第 14 図),動作では 90% (第 15 図) となるが、そのほかはいずれも BIL を上回わった値となる。 以上述べたようなことをまとめると,結論的に,

12

(iv) 今回の系統では懸垂がい子には防絡金具がついており逆せ ん絡によるサージを考える場合には波頭峻度が低いため、防絡金 具の不動作はまったく考えられない。したがって安全である。

#### 3. ガス漏れ検知模擬試験

パイプ形ケーブルの鋼管に漏えいが起こった場合、これを検知す る方法については、諸外国においてはいろいろな方法が試みられて おり<sup>(8)(9)</sup>, そのいくつかは成功しているが, われわれはこれらの中 で、いわゆるガスあわ法とフレオンガス法のモデル的実験を試み た。この方法は最も簡単でかつケーブルの送電を継続しながら漏え いを検知できるという特徴をもっており、検知に要する時間もきわ めて短時間であって,実用上非常に便利な方法である。

漏えい検知にあたっては、まずガスあわ法によって漏えい区間を 見つけ,次にその区間にフレオンガスを封入して,漏えい点を見つ ける。

#### 3.1 ガスあわ法

ガスあわの原理的説明図を第16図に示す。ケーブル系統の一端

(i) 防絡金具が動作すれば、既設鉄塔で逆せん絡が生じたとき  $Arr_1$ が不動作でも  $Arr_2$  が動作すれば  $e_{T_2}$  および  $e_b$  ともに BIL よ り低い。

(ii) 同じ条件で $Arr_2$ が不動作で $Arr_1$ が動作の場合も、 $e_{T_2}$ お よび ebは BIL より低い。

(iii) 防絡金具が不動作の場合はいずれの場合も, BIL を上回 わる電圧が発生する。

から窒素ガスを供給しながら,各接続箱に窒素とは別種のガスたと えばCO2ガスを封入し、これを一定時間ごとに取り出して、その濃度 を測定する。そうすると、窒素ガス供給端より見て漏えい点より手 前側の接続箱ではガス流が存在するため、CO2 ガスの濃度の減少が 急速であるのに対し、漏えい点より遠方の接続箱では、ガス流がな いので、濃度の減少がゆるやかである。このようにして漏えい区間 が発見できる。

2020 昭和37年12月

日

評 論

#### 第 44 巻 第 12 号

![](_page_7_Figure_5.jpeg)

![](_page_7_Picture_6.jpeg)

![](_page_7_Picture_7.jpeg)

第16図 ガ あ ス わ 法

筆者らは模擬ケーブルとして鉛管を用いて実験を行なった。実験 装置は次のとおりである。

実験に使用した鉛管: 内径 25 Ø, 肉厚 4, 長さ 400 m×4 ドラム

試料の配置:第17図に示す。

CO2 ガスの分析装置: オルザット装置

窒素ガス漏えい量: 5*l*/min

測定結果を第18図に示す。このように第17図のB点とD点にお いては顕著な差が現われている。

フレオンガス:  $CCl_2F_2$  (フレオン12)

フレオン検出器: GE 製 H-1

測定結果を第19,20図に示す。いずれも鋭敏な感度をもって検知 されている。特に砂の場合は注入後4時間で早くも表面にまで到達 している。また141時間経過してもなお検知可能である。これより みてフレオンの封入量は上記の1/10程度でも十分検知可能であろ う。このことから 6" 管 1,800 m の系統においてたとえば 30 l/h の 漏えいがあった場合には、フレオンの濃度5%で封入すれば上記と 同程度の感度に達する所要時間は50~60時間程度と推定される。 次に表面が粘土の場合には第20図よりわかるとおり 0.5 l/min で4 時間封入したのちガスを止め、1日経過後検知されている。この条

3.2 フレオンガス法 漏えい点を地表から検知するための模擬実験として、地中に埋設 した鉛管よりフレオンガスを種々の流量で流出させこれを地表より フレオン検出器によって検出した。実験方法は次のとおりである。 ガス供給管: 内径12 Ø 鉛管 埋 設 深 さ: 1.5 m 表 土 (機械タコによりつきかため): 面

件で上記と同様な実系統への換算を行なうと,所要充てん時間は80 時間程度と推定される。 土壌表面状態によって検出の感度は変わってくるが、100~

300 mm 程度ボーリングすれば好都合である。

4. ケーブルの布設工事

ケーブルの布設工事は昭和37年1月から5月にかけて行なわれ

100 kVパイプ形ガスコンプレッションケーブルの諸特性

![](_page_8_Figure_1.jpeg)

2021

![](_page_8_Figure_4.jpeg)

た。前にも述べたようにルートは狭い市街地, 農道, 河底横断およ び専用橋による鉄道横断などを含むため困難をきわめたが, 大過な く無事完成することができた。

#### 4.1 鋼管の布設工事

鋼管の溶接はカラー溶接法によった。溶接部の気密試験は25気 圧30分間ガス圧を印加した。溶接部の防食加工には特に意を用い て施工し, 埋戻し後において絶縁抵抗の低下が起こらないようにし た。

鋼管は地下約1.5mに直接埋設し、周囲には川砂を充てんし上部 にコンクリートのふたを並べて外傷保護とした。 4.2 専用橋による鉄道横断部の工事 前述したようにケーブルルートは日立金属工業株式会社安来工場 を出た所で山陰本線を専用橋によって架空横断するのであるが、そ の状況を第21図に示す。全長は約17mで、ほかの埋設物との関 連において複雑なS字状の曲がり管を使用する必要があった。

論

![](_page_9_Picture_3.jpeg)

第21図鉄道橫断部

第4表 電 位 測 定 結 果 (飽和硫酸銅電極基準)
測 定 位 置 位 (mV) 整流器端子電圧(V) 出力電流 (A) 値よりも低く良好な状態であった。

#### 4.5 電気防食工事

電気防食装置は,海岸工場側の変電所に設置 したが,ケーブルの布設完了後,各電極(接続 箱付近に取り付け)の防食電位を測定した。測 定結果を第4表に示す。このように,鋼管は必 要防食電位である -850 mV 以下に保たれてお り,良好な防食状態にあるといえる。この電位 測定は今後も引き続き行ない,鋼管の防食状態 を監視する予定である。

#### **4.6** 布設後の試験

ケーブル系統および付属品のすべての工事が 完成してのち,直流耐電圧試験を行なった。印加 電圧は工作物規定により253,000 V(=115,000 V ×2.2)で10分間印加したが漏えい電流は3心 一括で0.85~0.95 mAであり,異常なかった。 また耐圧試験の前後で絶縁抵抗を測定したが, 各相とも2,000 MΩ 以上であった。

### 5. 結 言

わが国で最初の 100 kV パイプ形ガスコンプレッションケーブル について,技術的問題点を簡単に述べたがこの報告がわが国のケー

-1,600	
-1,300	
-1,300	-
-1,350 3.	1.15
-1,600	
-1,600	
	-1,600 -1,300 -1,300 -1,350 -1,600 -1,600

#### 4.3 河底横断工事

川幅約20mの木戸川横断部の工事は、川の半分をせき止めあら かじめ溶接した鋼管を、河底に掘削したみぞ内に埋設し次に残りの 半分を同様に施工して中央で溶接した。河底より土冠り1.5mの深 さまで掘削したため、地表面よりの深さは約4.5mに達した。

4.4 ケーブル引き入れ

ケーブルは5区間に分かれるので,各区間ごとに動力ウインチに よって引き入れを行なった。引き入れに先だってマウス通し,149¢ の試験球通し,管路内の掃除を行なった。

ルートはこまかな屈曲箇所が多いため滑剤を使用し,1分間 3~6mの引き入れ速度にて行なった。張力および側圧はいずれも計算

ブル技術の発展にいささかでも資するところがあれば幸である。

終わりに,本ケーブルの製作布設にあたって一方ならぬご指導ご 協力をいただいた日立金属工業株式会社山本常務, 桧垣工場長はじ め関係者一同,中国電力株式会社真田常務ほか関係者一同および日 立電線株式会社小宮専務ほか関係者一同に深く感謝の意を表明す る。

#### 参考文献

- (1) C. T. W. Sutton: CIGRE., No. 204 (1956)
- (2) 今井, 遠藤, 比企野, 庄司, 奥山: 日立評論(投稿中)
- (3) 阿部: 応用力学講座6卷(流体力学)(昭和32共立出版)
- (4) NACE: Techncal Committee Reports., T-4, B-4 (1953)
- (5) 今井, 庄司, 渡辺, 外山, 星野, 比企野: 日立評論別 35, 24 (昭 35-5)
- (6) F. E. Kulman: T. AIEE., 78 (42) 184 (1959)
- (7) AIEE Comittee Report: T. AIEE., 72, pt. III, 530 (1953)
- (8) L. G. Brazier, D. THollingsworth, A. L. Williams:P. IEE., 100, pt. II, 641 (1953)
- (9) C. T. W. Sutton: CIGRE., No. 202 (1952)
- Vol.23 日立造船技報 No.3
- 大形シリンダライナのクロムメッキとその実船試験に関する研究(第1報)
- ・船用プロペラ青銅鋳物について(Ⅱ)
  - ――船用プロペラアルミニウム青銅について――
- ・だ円形胴板および鏡板の強さ
  - (その3, 偏心円孔を有するだ円形平板の強さ)
- ・溶接部のきれつが疲れ強さに及ぼす影響
- 大形排気過給ニサイクルディーゼル機関の排気温度の変化

力について

- ・80キロ級高張力鋼の圧力容器溶接施工法の研究
- 主軸駆動ポンプカウンタ軸のねじり振動の防止について
- トランジスタの計測への応用について ――負特性サミスタを利用するトランジスタ回路の温度補償法――
- 回転動力器具の動力測定法

――うず電流動力計の試作とその実用性の検討―

・放射線殺菌の食品貯蔵への応用に関する研究(第1報) ・放射線殺菌の食品貯蔵への応用に関する研究(第1報)

化 ・高張力鋼材料に対するローラおよびプレスの曲げ加工能 本誌に関する照会は下記に願います。

# 日 立 造 船 株 式 会 社 技 術 研 究 所 大阪市此花区桜島北之町 60