

±250kV直流CVケーブルの開発

Development of ±250kV DC XLPE Cable

超長距離海底直流ケーブルにCVケーブルを適用するには、直流絶縁特性上未解明の点があり、世界的にも本格的に検討された例はない。日立電線株式会社は我が国の将来の直流送電システムの発展に備えて、±250kV、 $1 \times 1,000\text{mm}^2$ 直流CVケーブルの開発に着手し、ケーブル製造条件の把握と直流用附属品の設計確立のため試作と試験を積み重ね、最終的には初期耐電圧、CIGRE, S.C.21推奨案に基づく直流耐電圧、及び長期試験のいずれにも耐えるケーブルと附属品を得ることができた。開発当初は絶縁破壊も経験したが、その原因を追求し、絶縁体中の空間電荷蓄積によるものであることを見いだした。更に、空間電荷の性質、分布及び充てん剤による改良効果を実験的に確認し、直流CVケーブルの実用化に明るい見通しを得た。

安藤順夫* *Ando Nobuo*
 沼尻文哉** *Numajiri Fumiya*
 登守邦明*** *Tomori Kuniaki*
 村木浩二*** *Muraki Kôji*
 熊谷竹男*** *Kumagai Takeo*

1 緒言

世界の直流ケーブルは、長距離大容量化へと着実な拡大を示しているが、我が国でも電線メーカー4社が、超高压電力研究所の指導と通商産業省工業化助成金とを得て、大容量送電用500kV直流Oil-Filledケーブル(以下、OFケーブルと略す)及び超長距離送電用250kV直流架橋ポリエチレンビニルシースケーブル(以下、CVケーブルと略す)の2種ケーブルの共同開発を実施している¹⁾。500kV OFケーブルに関しては既に報告されており^{2),3)}、本稿は250kV CVケーブルの開発経過、特にケーブル及び附属品の設計と諸試験結果、並びにCVケーブル特有の現象である直流空間電荷の検討について述べたものである。

2 250kV直流CVケーブル及び附属品の設計

2.1 絶縁材料

OFケーブルは直流電圧に対して安定した絶縁特性をもち、超高压直流ケーブルとして実用化されているが、常に給油上の制約を受けるため超長距離海底ケーブルとしては必ずしも適していない。これを補うものとしては、ソリッド油含浸紙絶縁ケーブルがあり、100km程度の海底ケーブルとして実用されているが高電圧大サイズには適さない。

一方、プラスチック押出し絶縁は、まだ直流送電用ケーブルの絶縁体として本格的に使用された例はないが、給油距離上の制限はなく、また長尺ケーブル製造上、現有の設備をそのまま利用でき、しかも布設や運転保守が容易という利点をもっている。このような観点から将来の超長距離海底ケーブルを対象として、押出し絶縁、特に我が国の交流ケーブルで実績のあるCVケーブルを取りあげた。

2.2 絶縁設計の考え方と固有絶縁抵抗

直流ケーブル絶縁体内の電界は、電圧、温度、温度こう配及び空間電荷の影響を受ける。油浸紙絶縁ケーブルでは、空間電荷による電界の大幅な変わりが生じないので電界の数値的な評価はかなり容易であった。CVケーブルの場合も、開発当初の設計時点で、空間電荷の問題がまだ十分検討されていなかったため、OFケーブルと同様の方法²⁾で電界を計算し設計を進めた。

シートやモデルケーブルによって実測された絶縁体の固有絶

縁抵抗 $\rho(\Omega \cdot \text{cm})$ は実用的な電界と温度の範囲で次の近似式で表示される⁴⁾。

$$\rho = \rho_0 \exp[-\alpha T - \beta E] \dots \dots \dots (1)$$

ここに ρ_0 : 0°C , 0 kV/mm における固有絶縁抵抗を示す定数を示し、 $7.77 \times 10^{19}(\Omega \cdot \text{cm})$

T, E : 絶縁体内各部の温度($^\circ\text{C}$), 電界強度(kV/mm)

α, β : 定数を示し、定数は各々 $0.126(1/^\circ\text{C})$, $0.159(\text{mm/kV})$

空間電荷が発生しない場合には、(1)式の固有絶縁抵抗を用いてラプラスの方程式を解けば各部の電界が求められる。

2.3 ケーブル各部の設計

(1) 導体

目標送電容量を±250kVで500MWとし、これに対応する導体サイズを $1,000\text{mm}^2$ に選んだ。なお導体構造は円形同心よりとした。

(2) 絶縁体

我が国でも既に交流154kV級CVケーブルの開発が行なわれているが、直流ケーブルとしての設計例は世界的にも皆無で、英仏両国で多少検討されている程度である。このため、絶縁厚約5mmの小サイズケーブルを試作し、種々の条件下で破壊試験を行なった。運転時の許容ストレスについて共同研究の場で種々検討がなされ、取りあえず運転中の直流最大ストレスを 15 kV/mm 以下とすることに決定された。一方、サージ性異常電圧に関しては、交流ケーブルでの経験をもとに平均ストレスとして 50 kV/mm が採られた。耐電圧試験目標値は直流電圧が $750\text{ kV}(250\text{ kV} \times 3)$ 、雷インパルス電圧が $1,170\text{ kV}(750\text{ kV} \times 1.56)$ となる。耐電圧目標値、許容ストレスとも、新たなケーブルの開発という見地からかなり厳しい値を採っている。

これらの諸数値と前節の固有絶縁抵抗からケーブルの絶縁厚を 25mm (内外半導電層を除いた実質絶縁厚は約 22mm)と決定した。なお、小サイズケーブルによる種々の検討によって半導電層の構造が直流破壊電圧に影響を与えることも判明したので、ケーブルは内外半導電層を含めた3層同時押出しにより製造された。

運転電圧及び試験電圧印加時の絶縁体内の電界分布計算結

* 日立電線株式会社研究所 ** 日立電線株式会社研究所 工学博士 *** 日立電線株式会社日高工場

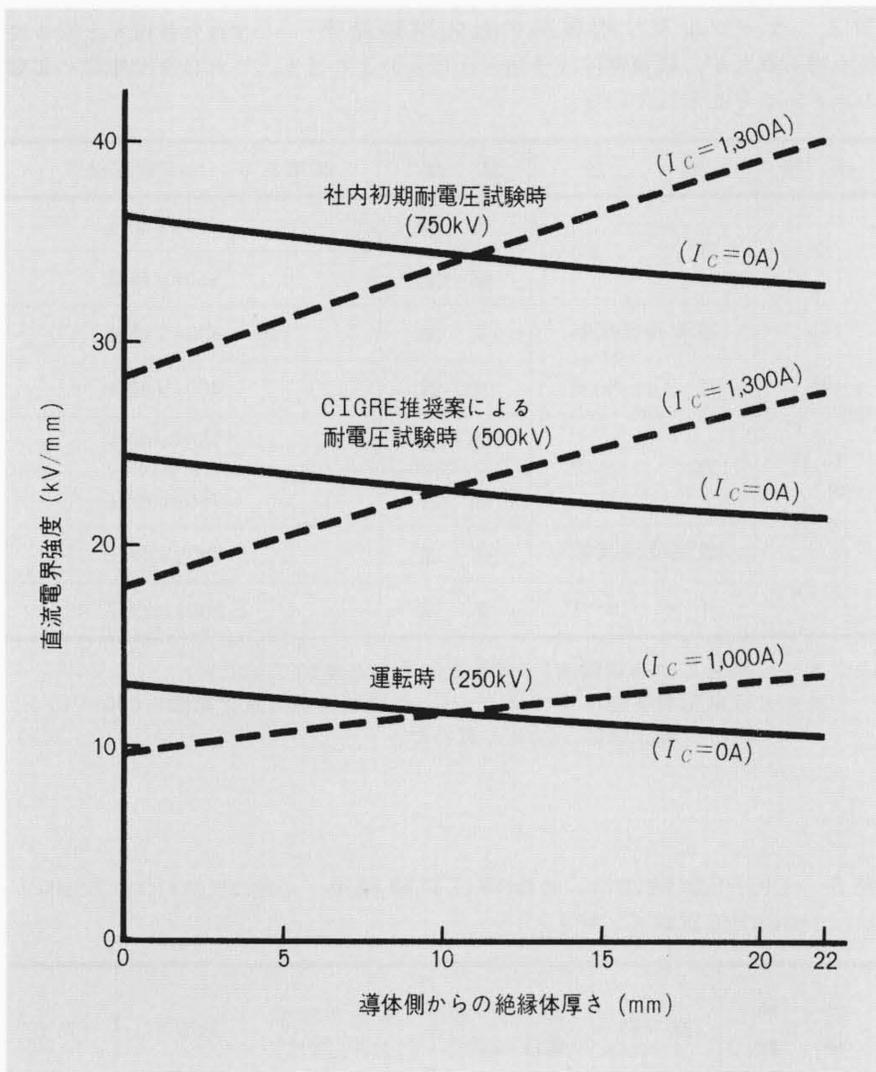


図1 運転時，試験時の絶縁体内電界分布 試験時はより過酷とするため負荷電流 I_c を1,300Aとした。なおインパルス耐電圧時(1,170kV)の最大電界は約75kV/mmとなる。

果を図1に，また，最終的に決定されたケーブルの構造寸法を表1に示した。

2.4 附属品の設計

インパルス電圧や極性反転電圧にも十分耐え得ること，また電界分布を極力ケーブルと同様に保つことなどの理由から，接続部はモールド接続方式とした。

(1) 中間接続部

OFケーブルの場合，組立て時の吸湿と汚損にさえ十分注意すれば，接続部もケーブル部と同一の固有絶縁抵抗をもつ油浸紙で形成することができる。しかし，CVケーブルではモールド用絶縁テープは，ケーブル絶縁体と異なる工程で製

表1 250kV $1 \times 1,000\text{mm}^2$ 直流CVケーブルの構造 絶縁厚は交流154kV CVケーブルに近い。

| 項目 | | 単位 | 数値 |
|---------|-----|-----------------|--------|
| 導体 | 断面積 | mm^2 | 1,000 |
| | 形状 | — | 円形同心より |
| | 外径 | $\text{mm}\phi$ | 41.6 |
| 絶縁体厚さ* | | mm | 25.0 |
| しゃへい層厚さ | | mm | 0.5 |
| 防食層厚さ | | mm | 4.5 |
| ケーブル外径 | | $\text{mm}\phi$ | 105 |

注：* 絶縁体厚さは内外半導電層(各約1.5mm)を含む。

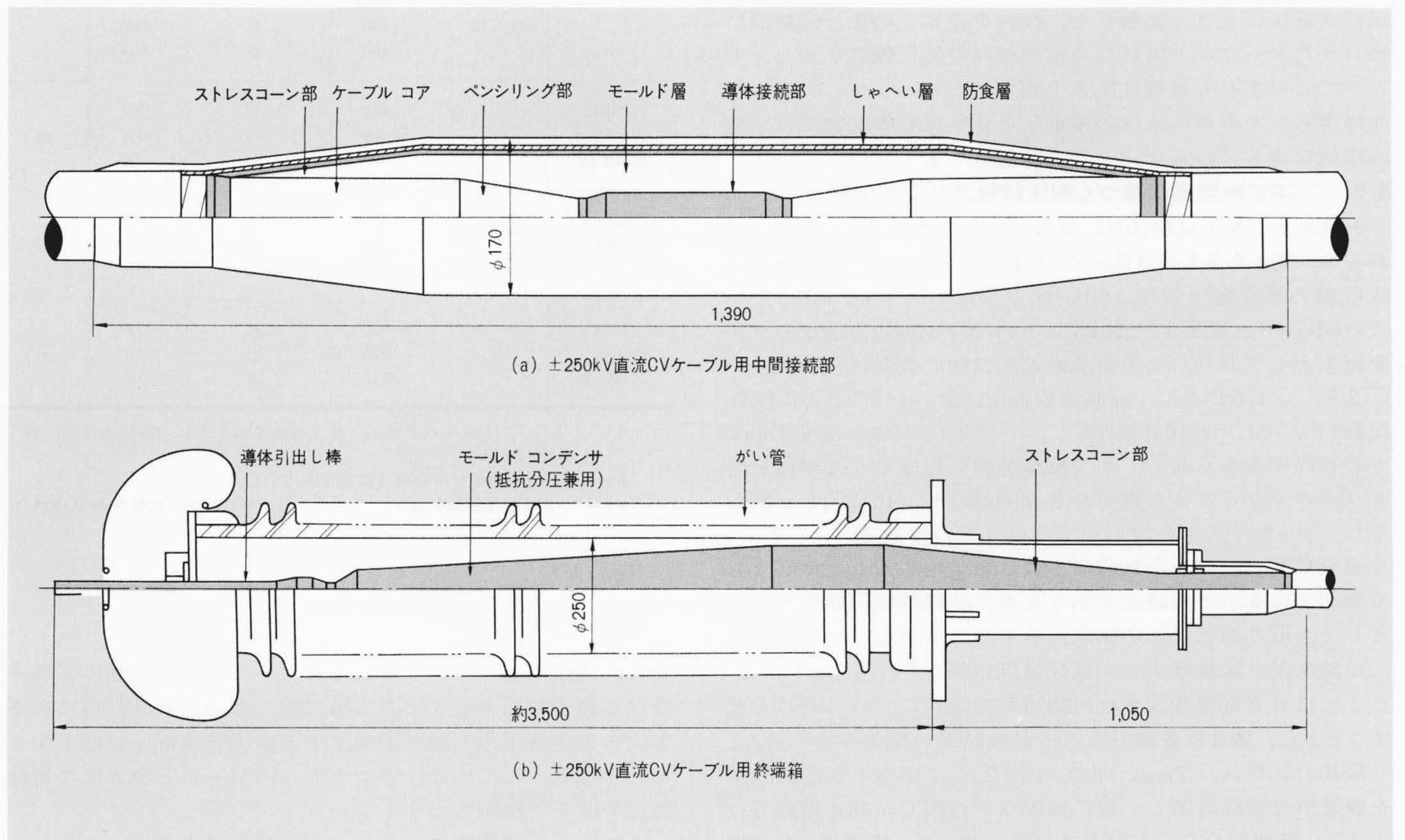


図2 ±250kV直流CVケーブル用附属品の構造 (a)は中間接続部で，モールド時の処理条件及びモールド用テープの特性を選択して性能を向上させている。(b)は終端箱で内部のコンデンサ部及び抵抗層によりサージ，直流両者に対して電位分布を均一化している。

造されたものであるため、固有絶縁抵抗特性[(1)式の ρ_0, α, β など]が異なる。したがって、テープの選択を誤ると電界分布が極端に変わり絶縁耐力を低下させる。この点を考慮して、筆者らは何回かの予備試作を行ない、モールド時の加熱条件、使用テープの選択と組み合わせ条件及び各部寸法を決定した。中間接続部の構造を図2(a)に示す。

(2) 終端箱

外部絶縁は交流275kV級がい管(B-2501)を使用し、工場内の破壊試験及び超高压電力研究所武山研究所での耐压試験に十分耐えるよう、内部絶縁としてモールド方式による抵抗容量分圧形モールドコーンを開発した。

すなわち、インパルスや極性反転などのサージ性異常電圧に対しては、モールド内部のコンデンサ分圧により長さ方向電位分布が均一となるよう設計し、更に直流電圧に対しても電位分布がずれないようにモールド抵抗層を置いた。抵抗層の抵抗値を適切に選びがい管表面の漏れ抵抗とバランスをとれば、ほぼ均一な電位分布の終端箱が得られる。終端箱の構造は図2(b)に示されている。

なお中間接続部や終端箱のモールド材料は、予備検討のうへ選択され、高温時、低温時の電界分布を計算して種々の材料の配置と寸法を決め、ストレスコーンとペンシリング部先端及びモールド部界面の電界集中を避けるよう設計した。

3 絶縁性能

3.1 初期電気性能

ケーブル本体及び附属品はいずれも記録的な製品であったため、押出し条件やモールド条件を決定するまでに何回かの試作試験による改良が必要であった。特にケーブルについては、架橋条件、接続部についてはモールド時の加熱条件が直流破壊電圧に大きく影響した。改良を重ねた結果、最終的に得られたケーブルと附属品の初期絶縁性能は表2に示したとおりで、いずれも目標性能を上回っている。しかし、目標性能は得られたものの直流破壊電圧と極性反転破壊電圧は予想破壊値に達しておらず、一つの問題点であった。

3.2 CIGRE 推奨案に基づく耐压試験及び長期試験

直流ケーブルの試験法は、諸外国でも規格として定められておらず、現在あるものは油浸紙絶縁ケーブルに関するCIGRE S.C.21の推奨案⁹⁾(以下、CIGRE試験法と略す)である。

このCIGRE試験法は、550kV以下の油浸紙絶縁直流ケーブルを対象としており、その直流耐電圧試験の概要は「 $\oplus 2E_0$, $\ominus 2E_0$, $\oplus 1.5E_0$ (E_0 :最高運転電圧, \oplus :4時間ごとに極性反転)を、それぞれ10日間課電し、その間、最高導体温度 T_{max} が許容温度を 5°C 超え、かつ絶縁体内の温度こう配が運転時より大きくなるような電流を8時間通電し、16時間しゃ断してヒートサイクルを加える。」というものである。

直流CVケーブルの試験に、これを適用することは必ずしも適切ではないとの議論があったが、絶縁性能評価の一手段として、取りあえずこの試験法をそのまま適用した。

試験状況、試験経過の大部分は既に報告されている¹⁾ので、ここでは日立電線株式会社の担当した試料についてだけを記すこととし、表3に各試料ごとの試験結果の概要をまとめた。

最初の試料は、 $T_{max}=85^\circ\text{C}$ で $\oplus 2E_0$ に相当する $\ominus 500\text{kV}$ を課電中に絶縁破壊し、更に破壊点を修理し試験を継続したところ、修理部分で $\ominus 400\text{kV}$ で絶縁破壊した。修理部分は終端箱直下で寸法上余裕がなく、不完全な修理施工が2回目の破壊をもたらしたと考えている。最初の絶縁破壊の原因も必ずしも明確とはいえないが、破壊点が終端箱のモールド部端

表2 ケーブル及び附属品の社内試験結果 いずれも目標を上回る性能を得られたが、破壊電圧は予想されたものより低く、これは空間電荷の影響の大きいことを示している。

| 種類 | 電圧 | 温度* | 破壊あるいは耐電圧値** |
|--------|--------|-----|-------------------|
| ケーブル | 直 流 | 常 温 | 850kV 耐压 |
| | | 高 温 | 850kV 破壊 |
| | 直流極性反転 | 高 温 | \oplus 450kV 破壊 |
| | インパルス | 常 温 | 1,400kV 破壊 |
| 中間接続部箱 | 直 流 | 常 温 | 750kV 耐压 |
| | | 高 温 | 750kV 耐压 |
| | 直流極性反転 | 高 温 | \oplus 400kV 耐压 |
| | インパルス | 常 温 | 1,200kV 耐压 |

注：* 高温とは通電電流1,300A導体最高温度 90°C を示す。
** 目標耐電圧値は本文に記した。予想破壊値は直流高温1,000kV以上、極性反転 $\pm 500\text{kV}$ 以上と置いた。

表3 CIGRE試験法による耐電圧試験結果 第二次試料は、 $\pm 250\text{kV}$ としてのCIGRE試験法に耐えた。

| 試験種類 | 試料 | 印加電圧(kV)* | ヒートサイクル(回)** | 結果*** | 判定 |
|------------------------------|-------|---|----------------|----------------|----|
| $\pm 250\text{kV}$ CIGRE 試験法 | 第一次試料 | 400~450 | 9 | OK | 否 |
| | | $\oplus 500$ $\ominus 500$ | 1 2 | OK BD | |
| | 同上修理 | 450 300 | 5 7 | OK OK | " |
| | | $\oplus 400$ $\ominus 400$ | 8 0 | OK BD | |
| $\pm 200\text{kV}$ CIGRE 試験法 | | $\oplus 400$ $\ominus 400$ $\oplus 300$ | 33 19 17 | OK OK OK | 良 |
| $\pm 225\text{kV}$ CIGRE 試験法 | 第二次試料 | $\oplus 450$ $\ominus 450$ $\oplus 338$ | 27 27 12 | OK OK OK | " |
| $\pm 250\text{kV}$ CIGRE 試験法 | | $\oplus 500$ $\ominus 500$ $\oplus 375$ | 30 21 32 | OK OK OK | " |

注：* \oplus , \ominus , \oplus はそれぞれ正, 負, 極性反転を示し、無記入は正, 負の合計を示す。
** ヒートサイクル回数は概数である。
*** OKは耐压試験に耐えたことを、またBDは耐压試験中絶縁破壊したことを示す。

から約30cm離れたケーブル部で、モールド時の加熱の影響を受ける箇所であったこと、工場試験でも加熱条件、特に長さ方向の温度低下こう配が強すぎると直流破壊電圧が低下することが経験されていたことなどから、モールド境界部の絶縁性能の低下と推定した。

このため、終端箱のモールド加熱時の温度分布に細心の注意を払って別個の新試料を作製し、超高压電力研究所武山研究所に組み立てるとともに、段階的に試験電圧を上昇させた。その後新試料は、 $T_{max}=75^\circ\text{C}$ として、 $E_0=200\text{kV}$ 及び225

kVと想定したCIGRE試験法に耐え、更に最終目標である $E_0=250\text{kV}$ のCIGRE試験法にも合格した。 $E_0=250\text{kV}$ とした試験は、2回繰り返したが異常なく終了した。図3に試験状況を示す。なお、本試験試料は、試験後のインパルス絶縁性能をチェックする予定になっている。

CIGRE試験法とは別に、各メーカーの試料を接続した長尺試料には、約3年間の長期にわたり250~300kVの電圧が印加されているが全く異常なく、運転電圧250kVに対しても安定した長期性能をもつことも確認されている。

以上のように初期試験、CIGRE試験及び長期試験いずれにも耐え得るケーブルと附属品を開発することができた。

4 直流CVケーブルの空間電荷に対する考察

4.1 直流CVケーブルの絶縁特性

工場試験及び超高压電力研究所武山研究所での諸試験を通して、直流CVケーブルの絶縁耐力は予想されていた以上に問題を含んでいることが明らかとなった¹⁾。同研究所で経験した絶縁破壊は、破壊点の性質、推定原因などから直流CVケーブルの本質的問題であるとして、試験法自体の検討を含めて「直流ケーブル試験法研究小委員会(委員長：工学博士鳳成蹊大学教授)」が組織され、その指導と援助の下に詳細な研究が実施されている。

最終的には先の±250kV CVケーブルが、目標性能をもっていることを確認できたが、直流CVケーブルを十分安心して実用に供するためには、この点を更に究明することが必要と考えている。

筆者らは直流CVケーブルの絶縁特性を引き続いて再検討し、その原因を探求しているが、現在のところ直流課電時の絶縁体内の空間電荷が、破壊電圧低下に著しい影響を与えるとの見解をもつに至っている。

4.2 熱刺激電流による空間電荷の検出

絶縁体内の空間電荷量を直接測定する方法がないため、間接的手法が幾つか試みられているが、その一つである熱刺激電流法(Thermally Stimulated Current 以下、TSCと略す)

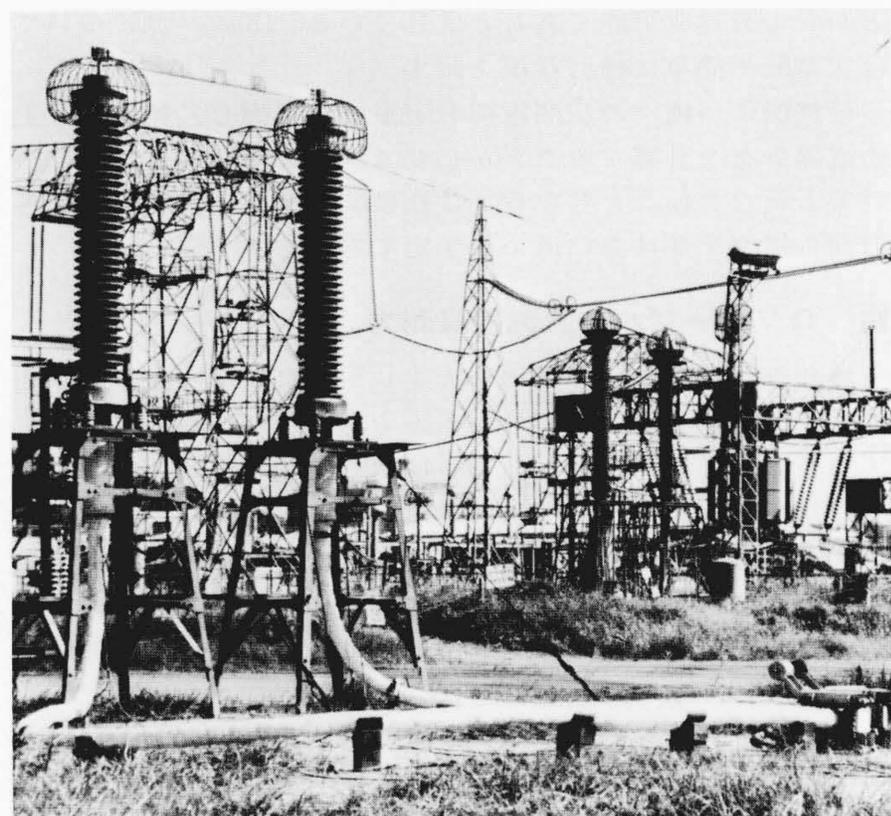


図3 CIGRE試験法による耐圧試験実施中のケーブル及び附属品貫通形トランスにより電流が流されている。ケーブル、中間接続部は保温され、終端箱がい管にはフラッシュオーバー防止のためシリコンが塗布されている。

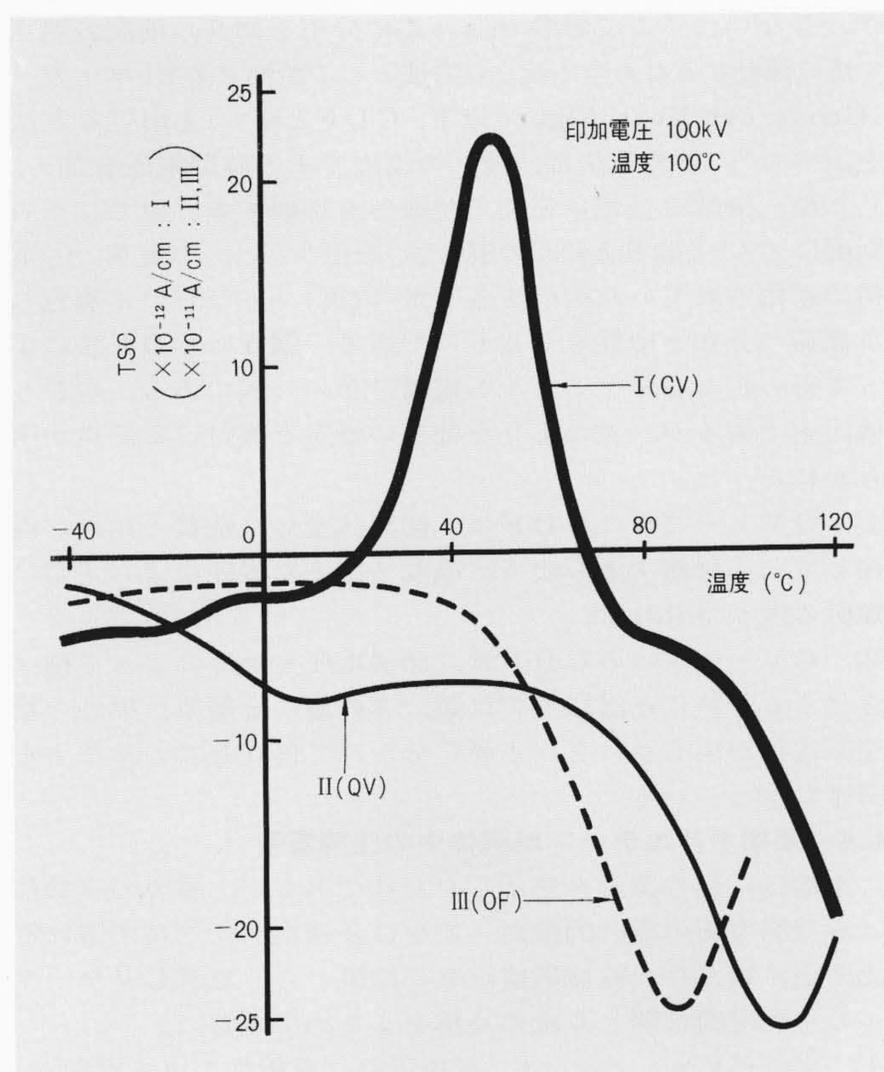


図4 各種ケーブル(絶縁厚6mm)のTSC測定結果の一例 OF, QV両ケーブルは、放電方向電流だけ観測されるのに対し、CVケーブルは逆方向電流が観測される。

を直流ケーブルの絶縁体に適用した⁶⁾。この方法は、試料に運転温度である時間直流電圧を加え、そのまま急速に冷却して絶縁体内に蓄積された電荷を凍結する。その後、電圧をしゃ断し、一定割合で昇温した際に解放される電荷を放電電流として測定するものである。試料には、直流絶縁性能の安定したOFケーブル、いま対象としているCVケーブル及び特殊なケーブルとして充てん剤(無機有機性絶縁物)入り架橋ポリエチレンケーブル(以下、QVケーブルと略す)の3種を選んで考察した。加えた電圧、そのときの温度などによって多少異なったTSCが観測されるが、図4にその一例を示す。OF, QV両ケーブルが類似の特性を示すのに対し、CVケーブルだけが全く異なった特性を示している。このほか、シート状試料についても検討を加えたが、これらTSCの観測結果を総合して以下の諸点が推定された。

- (1) OFケーブルとQVケーブルの空間電荷は、絶縁体中の分極によるもので、絶縁体内にほぼ均一に分布している。このため、シートやモデルケーブルで得られた諸特性は、絶縁厚が厚くなってもそのまま再現されると考えてよい。
- (2) これに対しCVケーブルの空間電荷は、絶縁体中に生じた電荷、あるいは電極から注入された電荷がトラップされたもので、絶縁体中に偏って存在しているので電界がゆがめられる。しかもこの分布は、絶縁厚によって異なるため絶縁厚の厚いケーブルではそのケーブル自体で絶縁耐力を確認する必要がある。

4.3 ダスト フィガーによる電荷分布の確認

TSC法は、絶縁体内の電荷の蓄積を知る有効な手法であるが、各種の電荷の移動の総和として外部回路に流れる電流を測定するので、内部の電荷分布については明確に知ること

ができない。そこで筆者らは、この分布を知り、前記の諸点を更に確認するため全く新しい方法として断面ダスト フィグー (Cross-cut Dust Figure 以下、CDFと略す)を用いる方法を試みた⁷⁾。この方法は、種々の温度である時間電圧を加え、しゃ断、接地直後鋭い刃物で絶縁体を切断する。直ちにその断面にダスト(硫黄と鉛丹の混合粉)を振りかけ、⊕電荷、⊖電荷の蓄積されていた箇所を各々黄(硫黄)、赤(鉛丹)に着色して電荷の分布と極性を知るものである。図5はCDF法によって得られたCVケーブルの電荷分布の一例である。現在も検討中であるが、次のような前節の推定を裏付ける諸点が明らかになった。

- (1) QVケーブルのCDFは、絶縁体全体に硫黄と鉛丹が混在して弱く付着するもので、温度や加えた電圧によらず常に類似の像が得られる。
- (2) CVケーブルのCDFは、印加電圧や温度によって種々変化する。特に室温以上では黄、赤の層に分離し、極性の異なる電荷が同心状に2～4層に分かれて偏在していることを明確に示している。

4.4 架橋ポリエチレン絶縁体中の空間電荷

本稿は一部のデータを示しただけであるが、多くの実験による空間電荷の総合的検討、並びに多種類ケーブルの漏れ電流測定試験及び、直流破壊試験の結果から、直流CVケーブルの空間電荷に関して次の見解をまとめてみた。

- (1) 直流CVケーブルでは、電極近傍に負極性のホモ電荷が、絶縁体内部に正、負のヘテロ電荷が分布する。
- (2) 偏在するヘテロ電荷のため、絶縁体内部の電界が緩和されるのに対し、電極近傍、特にホモ電荷の少ない正電極近傍の電界は逆に高くなるため破壊電圧は低下する。
- (3) ヘテロ電荷の偏在は高温で著しく、このため高温になるほど破壊電圧の低下が大きい。
- (4) 極性反転など急峻な電圧変化に対しては、空間電荷が追従できず、このため逆に負電極直上や絶縁体内部の電界が高くなり絶縁破壊につながる。
- (5) QVケーブルでは、混入した充てん剤の分極による正、負両電荷が密接して絶縁体内部に均一に分散しているため、絶縁厚が厚くなっても、また高温になっても極端な電界の変わいが生じない。

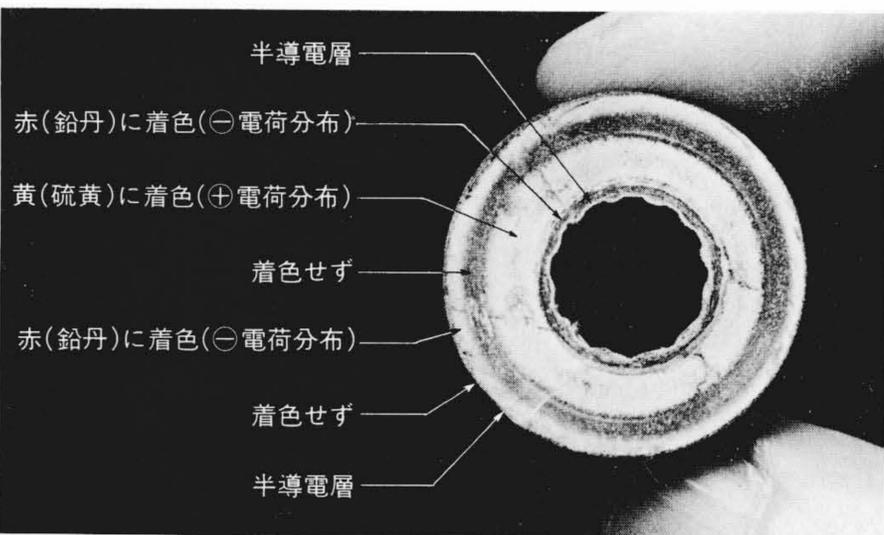


図5 断面ダスト フィグー法による絶縁体内の電荷分布図の一例 CVケーブルでは導体側から赤(⊖)、黄(⊕)、赤(⊖)の層が色別される。QVケーブルの像は示さなかったが、色層の分離は見られない。

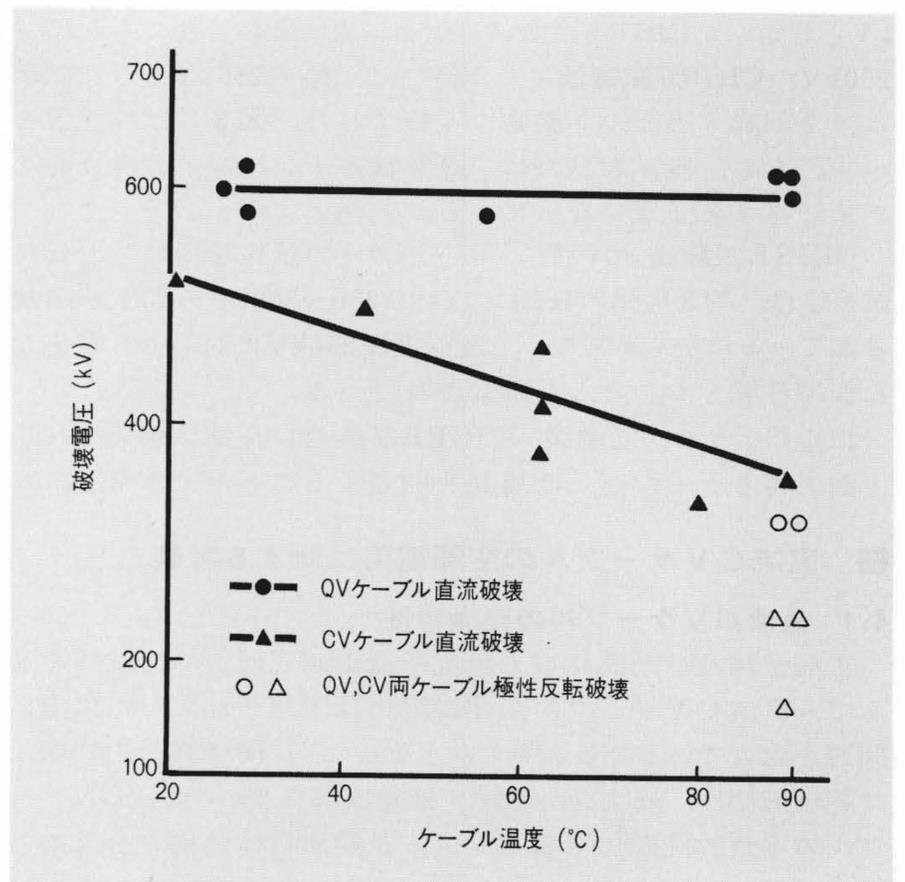


図6 QV, CV両ケーブルの直流及び極性反転破壊試験結果 QVケーブルはCVケーブルに比べて高温での直流破壊電圧、極性反転破壊電圧が大幅に向上している。絶縁厚は約6 mmである。

- (6) 今後、直流CVケーブルを十分安心して実用するには、
 - (a) CVケーブル中の空間電荷の蓄積を認めたくえて、絶縁厚とみかけの破壊強度の関係を実験的に把握し、これをもとに所要絶縁厚を決定する。
 - (b) 空間電荷の影響を避けるため、無機有極性絶縁物などの充てん剤、あるいは安定剤を入れたケーブルを開発する。

などの方法を考えなければならない。

筆者らは、超高压直流CVケーブルの完成を目指して引き続き検討中であり、上記(a)については既に試作ケーブルが±250kV級CIGRE試験法に合格し、また長期試験にも耐えたことから十分達成可能であると信じている。(b)の一部については次章5.で簡単に検討状況を記す。

最終的には種々の空間電荷を定量的に把握し、絶縁設計上の電界分布を計算することが必要で、また同時に試験法についても新たな検討を要する。これに関して共同研究の場で各方面の指導を受けつつ進める予定である。

5 QVケーブルの直流絶縁耐力

無機充てん剤入り架橋ポリエチレンはCVケーブルの空間電荷の影響を改善する有効な手段であるとの判断に立って、二、三のケーブルを試作しその特性を検討した⁸⁾。

- (1) 絶縁厚6 mmのQVケーブルの直流破壊試験及び極性反転破壊試験を実施した。その結果をCVケーブルの結果と比較して図6に示した。QVケーブルの破壊電圧は安定しており、特に高温での破壊電圧の低下が少ない。また極性反転破壊電圧もCVケーブルを上回っている。
- (2) 絶縁厚21mmのQVケーブルの高温での直流耐電圧試験を実施した。90°Cで1,200kVの電圧に耐え、表2のCVケーブルの破壊電圧と比較すると大幅に向上している。

このようにQVケーブルは新しい直流ケーブルとして有望な特性をもっており、今後、長期試験を実施して性能の安定

性を実証したいと考えている。

6 結 言

超長距離直流海底ケーブルへの適用を目指して±250kV直流CVケーブルの開発を行なった。研究はなお継続中であるが、現状をまとめると次のとおりである。

- (1) 初期耐電圧、CIGRE推奨案に基づく耐電圧及び長期課電通電試験など、目標とした試験に耐えるケーブルと附属品が得られた。
- (2) 初期の絶縁破壊の原因を追求し、空間電荷の影響が大きいことを見いだした。更に、CVケーブルでは正、負両極性のホモ電荷、ヘテロ電荷が同心状に偏在し、このため電界を強くゆがめ絶縁耐力を低下させること、QVケーブルでは充てん剤の効果で空間電荷の偏在を防止し、直流電圧を向上させ得ることを実験的に裏付けた。
- (3) 直流CVケーブルを十分安心して実用に供するためには、空間電荷を考慮した裕度のある設計を行なうこと、あるいは充てん剤・安定剤などにより空間電荷の影響を防止することの2方法がある。前者については今回の開発により指針が得られたと考えている。後者は今後引き続き検討を行なっていく予定である。

いずれにしても直流CVケーブルの実用化は十分可能であると結論づけられる。

終わりに、本開発研究を御指導、推進いただいた超高压電力研究所の(故)吉田確太氏、並びに電力中央研究所の坂本雄吉氏ほか、古河電気工業株式会社、住友電気工業株式会社及び藤倉電線株式会社の関係各位に対し深謝申しあげる。なお

共同研究を進めるに当たり電力会社の御援助をちょうだいしたこと、直流ケーブル試験法研究小委員会で工学博士鳳委員長をはじめ諸先生の御指導及び断面ダストフィガー法に関して武蔵工業大学工学博士鳥山名誉教授の御指導をいただいたことを記して併せて謝意を表わす次第である。また日立電線株式会社日高工場、同研究所関係各位の御指導、御協力に対してもここにお礼を申しあげる。

参考文献

- 1) K.Yoshida, et al: "Research and Development of HVDC Cables in Japan", CIGRE Report 21-03 (1974)
- 2) 安藤, 花野ほか: 「500kV直流OFケーブルの開発」, 日立評論, 56, 151 (昭49-2)
- 3) 今城, 坂本ほか: 「直流±500kV OFケーブルの絶縁性能」, 電力中央研究所技術第一研究所報告73124 (1974)
- 4) 遠藤, 柳生: 「直流プラスチックケーブル用絶縁材料の電気特性」, 日立評論, 54, 713 (昭47-8)
- 5) CIGRE S.C.21 (Chairman Mr.A.S.Brookes): "Recommendations for Tests on D.C.Cables for a Rated Voltage up to 550kV", ELECTRA 32, 83(1974)
- 6) 安藤, 遠藤ほか: 「架橋ポリエチレンケーブルの熱刺激電流」, 電気学会研究会資料 I M-74-7 (1974)
- 7) 安藤, 鹿島ほか: 「架橋ポリエチレンの空間電荷分布の実験的考察」, 第9回電気学会電気絶縁材料シンポジウムII-9 (1976)
- 8) 金岡ほか: 「架橋ポリエチレンの直流絶縁特性における充填剤の効果」, 電気学会研究会資料, PE-76-4 (1976)



ケーブル端末部

増岡信雄・浜田義雄・丸茂守忠

登録新案 第1044981号 (実公昭48-30318号)

本考案は、磁器製とう管下端部へのベルマウス形成を極めて簡単に行なうことができ、しかも防湿処理をも著しく簡略化することのできる安定し、且つ有利なケーブル端末部の提供を目的とするものである。

すなわち、図1に示すように半導電ゴム、あるいはプラスチック製の弾力のあるベルマウス状カバー①の大径部側②を、磁器製とう管③下端外面の先細りテーパ部④上に、更に小径部側⑤を、ケーブル⑥上にそれぞれかぶせるとともに、この小径部側⑤をケーブル⑥のしゃへい層⑦へ電氣的に接続して構成する。

このように構成した本考案ケーブル端末部は、特にとう管下端部の組立てが従来のケーブル端末部(説明は省略)に比較して著しく簡単になる。しかも、ベルマウス状カバーの採用により、とう管下端部付近では十分な防湿効果をあげるばかりでなく、電界の集中をも緩和でき、従って、電氣的にも優れたケーブル端末部を提供できる。

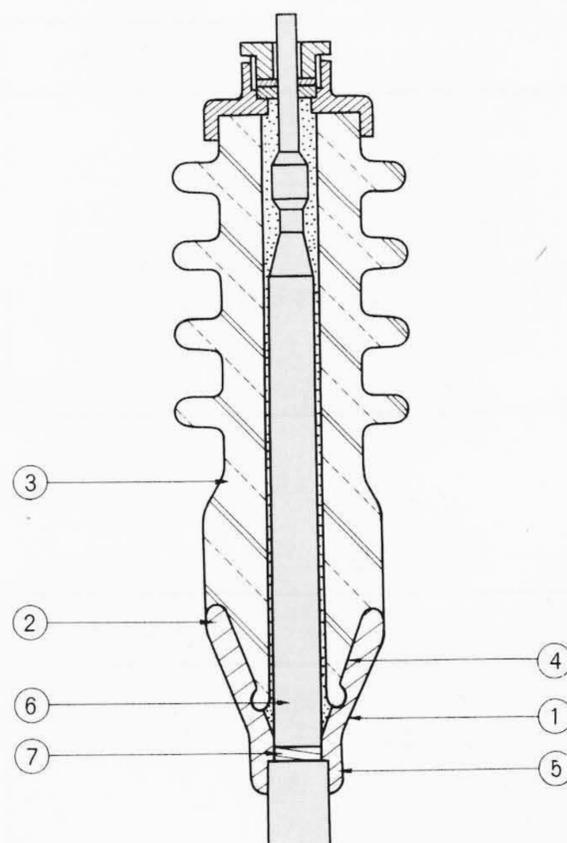


図1 本考案ケーブル端末部の断面図