

# 高油圧パイプ形 OF ケーブルの凍結工法

## Freezing of High Pressure Pipe-Type Oil Filled Cables

依 田 悦 郎\* 内 山 拓 治\*  
 Etsurō Yoda Takuji Uchiyama  
 安 藤 順 夫\*\* 沼 尻 文 哉\*\*\*  
 Nobuo Andō Fumiya Numajiri

### 要 旨

パイプ形 OF ケーブル工事時の油止方法の一つである凍結工法について検討した。冷却剤としては主としてドライアイスを使用し、6 in パイプについて、凍結温度、凍結可能流量、流量と凍結時間の関係などを求めるとともに、110 kV、275 kV ケーブルについて、凍結工法の絶縁体に及ぼす影響を調べた。この結果、6 in パイプで 900 cc/min の油流がある状態でもドライアイスで冷却することにより 6 時間で凍結すること、ケーブル絶縁油の特性に見合った温度で冷却、凍結させないと絶縁体内部にボイドが発生し、これを消滅させるのに長時間の加圧を要することが判明した。

### 1. 緒 言

高油圧パイプ形 OF ケーブル (以下 POF と略称) はアメリカの超高压ケーブル系統に広く使用されており<sup>(1)(2)</sup>、わが国でも一部には採用されつつある。

日立電線株式会社でも、POF ケーブル用絶縁油<sup>(3)</sup>、絶縁性能の長期安定性<sup>(4)</sup>、油圧系統および負荷しゃ断時の過渡油圧変化<sup>(5)</sup>など、POF ケーブルの総合的な研究を行なっており、わが国では初めてロスアンジェルス電気局に 230 kV、3×1,000 MCM (約 500 mm<sup>2</sup>)、3×2,500 MCM (約 1,250 mm<sup>2</sup>) の POF ケーブルを納入した<sup>(6)</sup>。

ここでは、POF ケーブル布設後の工事方法の一つである凍結工法を取り上げ、その基礎特性と実用性について検討する。

### 2. POF ケーブルの凍結工法

POF ケーブルの特長は、大きい内径の鋼管にケーブルコア 3 本を引き入れ鋼管中に油を満たしているため、導体中心あるいはコア間に小さい油通路を持つ OF ケーブルに比べて、油通路に相当する部分が大きく、油圧装置一基当たりの分担距離が非常に長くとれることである。図 1 は POF ケーブルと OF ケーブルの断面を比較して示したものである。漏油あるいはパイプを切断する必要がある場合には、油の流出に対する処置が OF ケーブルより以上に肝要となり、この処置の一つとして凍結工法があげられる<sup>(7)</sup>。凍結工法は漏油あるいは切断しようとする部分の両側をパイプ外部から低温に冷却し、パイプ油を凍結させ、その間に必要な工事をなす工事方法である。まず凍結性から見たパイプ油の特性と冷却剤について検討する。

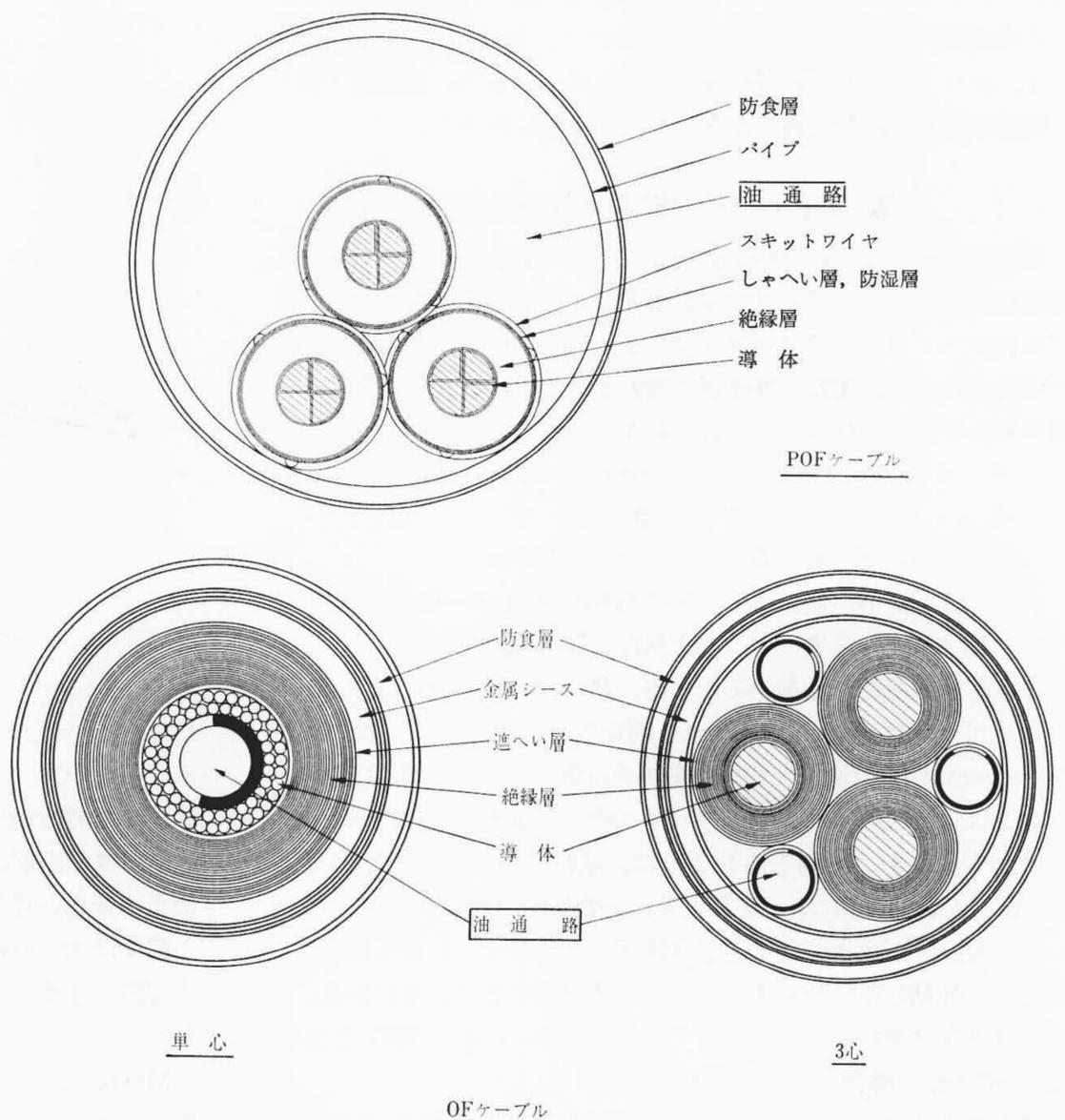
#### 2.1 パイプ油の種類

表 1 に代表的なパイプ油とその特性を示す<sup>(8)</sup>。凍結工法の面からは、低温での粘度が高く、凝固点の高い油が適している。現在アメリカでは、鉱油系パイプ油が広く用いられているが、これは、鉱油のほうが合成油よりもやや安価であるためであり、電気的な性能は合成油

のほうがまさっている<sup>(8)</sup>。すでにわが国では合成油系パイプ油が使用されており、今後の超高压ケーブルにはこの傾向が強まるものと思われる。

#### 2.2 冷却剤の種類

入手の容易な冷却剤を表 2 に示す。このうち到達最低温度がパイプ油の凝固点よりも低いものはドライアイスと液体窒素である。両者を比較すると、より低温となる液体窒素のほうが適しているようであるが、入手、運搬それに貯蔵など取り扱い上の問題、また 5. で検討するが、過冷却の面も考慮するとドライアイスのほうが実用的である<sup>(8)(9)</sup>。ただし、ドライアイスで凍結が不可能な場合には液体窒素を使う必要がある<sup>(10)(11)</sup>。



\* 東京電力株式会社工務部地中線課  
 \*\* 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

図 1 POF, OF ケーブル油通路の比較

表1 POF ケーブルパイプ油の特性

パイプ油の種類		粘度 (CS)	流動点 (°C)	凝固点 (°C)
鉱油	輸入品	168.6 (100°F) 10.6 (200°F)	-27.5	-50
	国産品	170.7 (100°F) 11.3 (200°F)	-25	-50
合成油	ポリブデン油	122.1 (100°F) 9.7 (200°F)	-37.5	-115
	重質アルキルベンゼンとポリブデン混合油	163.5 (100°F) 12.9 (200°F)	-27.5	-80

表2 冷却剤の種類と性質  
(◎>○>△の順に容易, 安全)

冷却剤の種類	到達最低温度 (°C)	入手難易	取扱難易	危険性
水と塩水	-20	◎	◎	◎
ドライアイスとアルコール	-75	◎	○	△
液体窒素	-190	○	△	△

2.3 パイプ油の油流と油圧

パイプの中をパイプ油が流れているところで凍結工法を実施すると、冷却された油が次々流れ去って行くので凍結が生じにくくなる。また、この流れが加圧装置から漏油部への大きい圧力差により生じているときには、冷却部分には最初ほとんど油圧差が生じないが、周囲からの凍結が進むにつれて油圧差はしだいに冷却部に集中してくるので、その力により凍結し始めた油も押し流され、ますます凍結が完了しにくくなる。

油流は漏油量とかケーブル温度変化量によって変わるが、適当な処置によりある程度制御することができる。また、凍結工法実施時には、ケーブル系を電氣的にしゃ断することができるので、油圧も下げることができる。したがって油流は最大で数十 l/h、油圧は 3 kg/cm<sup>2</sup>・G 程度を考えておけば良いと思われる。なお、油流がない場合には、ケーブルの油圧は凍結性に関係なく、むしろ、凍結完了後どの程度の油圧差に耐え得るかという点が重要になる。

3. 2½ in パイプによる基礎検討

実際のケーブルでの凍結実験を行なう前に 2½ in パイプを用いて基礎検討を試みた。パイプ中に鉱油系パイプ油を流しておき、パイプ外部からドライアイスとアルコールで冷却する。このときのパイプ中心部の油温、流量、凍結部に加わる圧力差の変化を測定する。試料および試験条件は以下のように選んである。

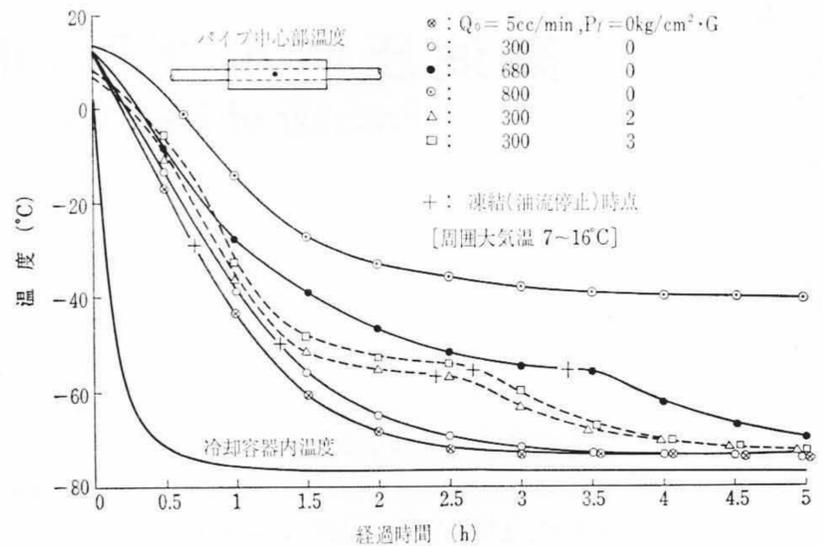
- パイプ油 : 鉱油系パイプ油
- パイプ : 2½ in パイプ
- 冷却容器長 L : 67 および 100 cm
- 初期油流量 Q<sub>0</sub> : 5~1,000 cc/min (0~60 l/h)
- 初期ケーブル温度 : 大気温 (7~15°C)

凍結時に凍結部に加わる圧力差 P<sub>f</sub> : 0 および 3 kg/cm<sup>2</sup>・G

油流が止れば凍結が完了したと判定されるが、さらに 20~30 分後 7 kg/cm<sup>2</sup>・G の油圧を加え、凍結が完全であることを確認した。

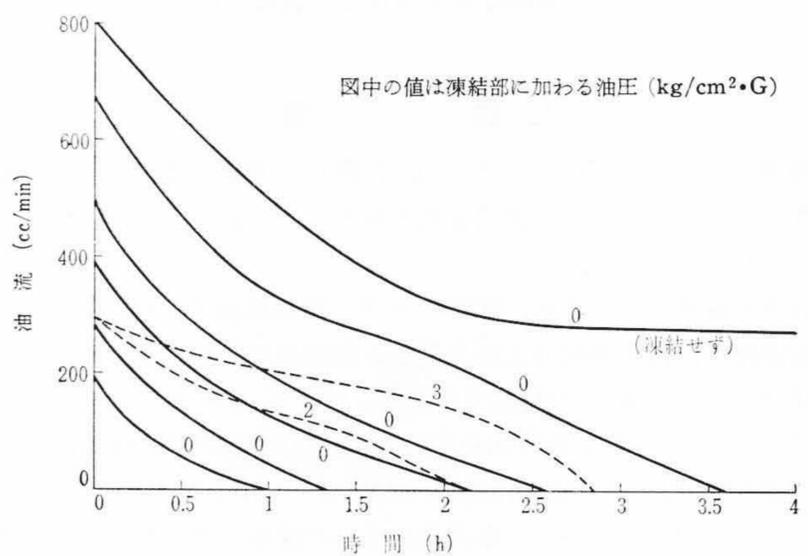
図 2 は L が 100 cm の場合のパイプ中心部油温の変化を示したものである。これより明らかなように、凍結する(油流の止る)温度 T<sub>f</sub>(°C) は Q<sub>0</sub> と P<sub>f</sub> によって異なり、-29~-56°C の範囲となっている。Q<sub>0</sub>, P<sub>f</sub> が大きくなると温度降下が遅くなり、しかも低温にならないと凍結しないため凍結までに時間を要することがわかる。しかし凍結後は再び温度降下が速くなり最終的には約 -70°C となる。L が 67 cm の場合にも同じ現象が見られる。

図 3 に凍結するまでの油流の変化の一例を示す。P<sub>f</sub> が一定であれば、凍結する油流は Q<sub>0</sub> に関係なくほぼ同じ傾向で減少して行く。



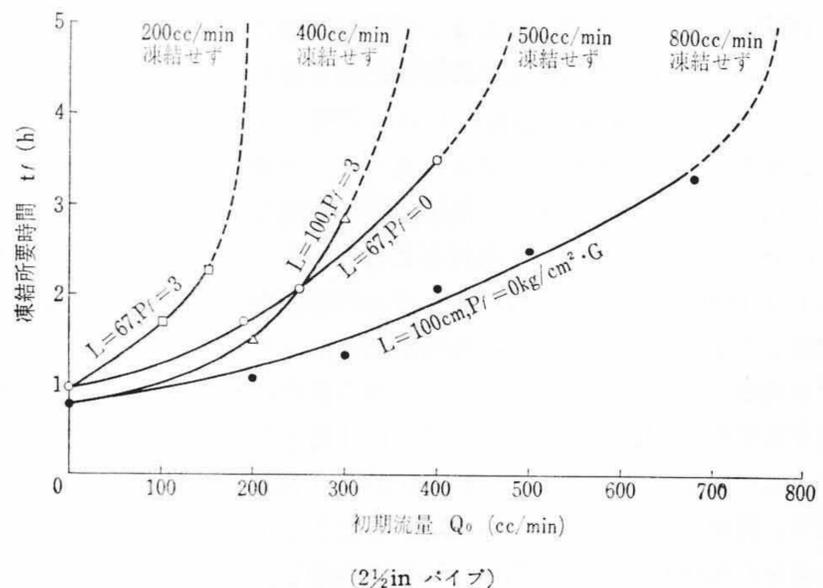
(2½ in パイプ, 冷却容器 100 cm)

図 2 冷却時のパイプ中心部油温変化



(2½ in パイプ, 冷却容器長 100 cm)

図 3 冷却時の油流変化



(2½ in パイプ)

図 4 初期流量と凍結所要時間の関係

P<sub>f</sub> が大きくなれば減少の割合がゆるやかとなり凍結所要時間が長くなる。一方、凍結部に加わる油圧差の変化は、流量の変化とは逆に、冷却開始後しだいに大きくなり、途中その変化はゆるやかとなるが、凍結直前に再び大きくなる。凍結しない場合には凍結直前の大きい変化が見られない。

図 4 は Q<sub>0</sub> と凍結所要時間 t<sub>f</sub> の関係を示したものである。なお、冷却開始後 6 時間経過しても凍結しない場合には凍結不可能とみなした。

Merrell 氏は同一初期流量の下で冷却容器長とパイプ径が異なる場合の凍結所要時間を次式で求めている<sup>(8)</sup>。

$$t_f = a(R/L)^2 \dots\dots\dots (1)$$

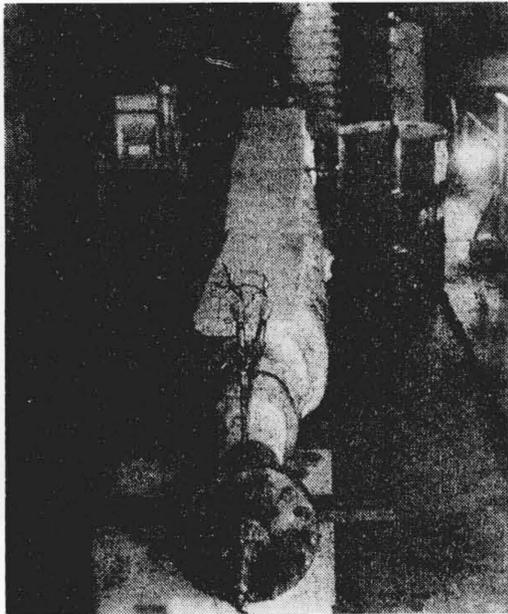


図5 6 in パイプによる凍結実験状況  
(冷却剤ドライアイスとメタノール)

ここに、 $t_f$ : 凍結所要時間 (h)  
 $R$ : パイプ径 (cm)  
 $L$ : 冷却容器長 (cm)  
 $a$ : 定数 (h)

(1)式を今回の実験に当てはめると、冷却容器長が67, 100cmの場合の凍結所要時間の比は、9:4で与えられることになるが図4ではこの関係は成立していない。

パイプ中の油流が止れば凍結完了と判定したが、図2に示したようにその時点での油の温度は試験条件によって異なり、油が完全に固結しているとは限らない。そこで凍結完了と判定してから20~30分後に凍結部に7 kg/cm<sup>2</sup>・Gの油圧を加えたが油が再び流出することはなかった。鉱油系パイプ油の凍結する温度は-50°C程度であると言われており<sup>(8)</sup>、今回の実験結果を見ると、 $P_f$ が0 kg/cm<sup>2</sup>・Gで、 $Q_0$ が200 cc/minの場合には凍結温度が-29°Cでやや高い。それにもかかわらず7 kg/cm<sup>2</sup>・Gの油圧に耐えたのは、完全に固結していなくても一度油が止ると油の温度降下が速くなり、20~30分後には-50°Cに達し固結するためであると考えられる。これに対し、 $P_f$ が3 kg/cm<sup>2</sup>・Gの場合には、 $Q_0$ が100 cc/minでも凍結時の温度は-53°Cで完全に固結しないと油流が止らぬことを示している。

4. 6 in パイプによる凍結実験

154 kV 3×400 mm<sup>2</sup> POF ケーブル3条を6 in パイプに俵積状に引き入れ凍結実験を行なった。試料長は6 mである。冷却用容器は実用化を考え40 cm径のものを2個(長さはそれぞれ1 mと2 m)用意し、これらを組み合わせて使用した。

試料ならびに試験条件を以下に示す。

- パイプ油: 鉱油系パイプ油
- 冷却剤: ドライアイスとメタノール
- パイプ: 6 in パイプ 防食層なし
- ケーブル: 154 kV 3×400 mm<sup>2</sup> 3条俵積
- 初期流量: 10~1,000 cc/min (0.6~60 l/h)
- 凍結部油圧: 0および3 kg/cm<sup>2</sup>・G
- 冷却容器長: 1および3 m (ガラスウールで保温)

図5に示す状況の下で、先の基礎実験と同じく各部の温度と油流および油圧の変化を測定した。俵積の下側2条のケーブルはパイプ内面に直接接触しているため表面温度が早く降下するのに対し、上積ケーブルの表面は油流にさらされているので、温度降下が遅い。凍結は上積ケーブルの上表面温度が-45~-56°C、俵積中心温度が-60~-65°Cの範囲で生じている。凍結した場合には両者とも約-70°C

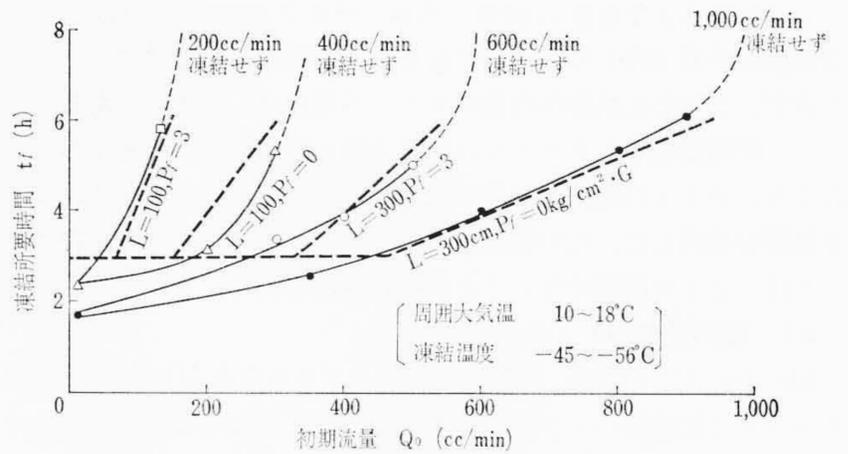


図6 6 in パイプ, 154 kV 3×400 mm<sup>2</sup> POF ケーブル 初期油流と凍結所要時間の関係

に達する。また油流と凍結部に加わる油圧は2½ in パイプの場合とよく類似しており、特異な現象は見られなかった。

図6は初期流量による凍結所要時間の変化である。なお、凍結した場合には約30分後に14 kg/cm<sup>2</sup>・Gの油圧を加え、凍結が完全であることを確認した。

2½ in パイプによる基礎検討を参考に鉱油系パイプ油を使用した6 in パイプの凍結実験結果をまとめると以下のとおりである。

- (i) 鉱油系パイプ油の凍結温度は-55°Cと見ておけば良い。
- (ii) パイプ中心部(上積ケーブルの上表面に相当する)の温度は最初-55°C、凍結後は-70°Cを目ざして降下する。凍結前後で温度降下の度合いが異なるのは油流による熱量の流入があるためであろう。油流は以前に示されている<sup>(8)</sup>ように凍結を生ずる近辺で急に0となることはなく、冷却開始後から徐々に減少していく。また凍結部に加わる圧力差も徐々に大きくなるが、油圧差の変化はとくに冷却開始直後と凍結直前に大きい。油圧差の初期の大きい変化はパイプ油の粘度が高くなるため、後期の変化は凍結が完成するためであろう。
- (iii) 2½および6 in パイプで冷却剤としてドライアイスを使用した場合の凍結可能な最大初期油量は次式で表わされる。なお、次式は図4, 6から、各試験条件の場合の凍結可能な最大初期流量を、冷却容器長Lとパイプ径Dについて整理して得られた近似式である。

$$\left. \begin{aligned} P_f=0 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{G} \text{ の場合: } Q_{0 \max} &\approx 50 L/D \\ P_f=3 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{G} \text{ の場合: } Q_{0 \max} &\approx 25 L/D \end{aligned} \right\} \dots\dots (2)$$

ここに、 $P_f$ : 凍結部に加わる油圧 (kg/cm<sup>2</sup>・G)  
 $Q_{0 \max}$ : 凍結可能最大初期流量 (cc/min)  
 $L$ : 冷却容器長 (cm)  
 $D$ : パイプ外径 (cm)

(2)式以上の油流に対しては、冷却剤として液体窒素を使用しなければならない。

- (iv) また、同じく図6から、6 in パイプの場合の凍結所要時間は次の近似式で表わされる。

$$t_f \approx 6 Q_0 / Q_{0 \max} \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 $t_f$ : 凍結所要時間 (h)  
 ただし  $t_f < 3$  h となる場合には凍結所要時間は3時間とする。この関係は図6中に点線で示されている。

- (v) 凍結後の耐圧力性は良く、14 kg/cm<sup>2</sup>・Gの油圧に耐える。

5. 凍結工法の絶縁体に及ぼす影響

前章までにPOFケーブルの凍結性について述べたが、凍結工法を実用化するに当たっては、ケーブル絶縁体への影響をじゅうぶん検討しておく必要がある。ケーブルを凍結させた場合には、ケー

ブルは冷却により急激に収縮するが、パイプ油は冷却中は低油圧(3kg/cm<sup>2</sup>・G以下)で高粘度であるから絶縁体中へ滲透することができず、このため絶縁体内部にボイドが発生するおそれがある。そこで、凍結実験中のケーブルの誘電正接と内部放電を測定することにより、ボイドの発生、消滅状況を調べ、凍結工法の絶縁体に及ぼす影響を検討した。なお急激な冷却がパイプ自体に与える影響については、とくに問題のないことが明らかにされている<sup>(10)</sup>。

5.1 鉱油系のパイプ油の場合

5 in パイプに110kV, 250 mm<sup>2</sup>のケーブルを3条引き入れたPOFケーブルに鉱油系パイプ油を充てんし、油圧0kg/cm<sup>2</sup>・G(厳密には凍結部付近は0.25 kg/cm<sup>2</sup>・G)の下で凍結させた。冷却容器は40 cmφ×100 cmで、冷却開始から凍結溶解に至るまでほぼ連続して使用対地電圧64 kVにおける誘電正接と内部放電を測定した。冷却剤にはドライアイスとメタノールと、凍結所要時間を短縮させたり、ドライアイスでは凍結しない油流を凍結させる目的で使用される液体窒素との2種を用い、測定結果を比較した。試験結果はすでに報告されている<sup>(12)</sup>ので詳細は省略するが、この試験により以下の点が明らかになった。

- (i) ドライアイスとメタノールを使用すれば絶縁体に悪影響を及ぼすことはない。
- (ii) 液体窒素を使用すると絶縁体内部にボイドが発生し、このボイドは凍結溶解後7kg/cm<sup>2</sup>・Gの油圧を4時間以上加えなければ消滅しない。
- (iii) 冷却剤によるボイド発生は液体窒素のほうが大きい。これは液体窒素のほうが到達温度が低いため、凍結が急激に進行し、ケーブルの収縮が大きくなることによっていると思われる。
- (iv) したがって、鉱油系パイプ油の凍結にはドライアイスが適しており、液体窒素はドライアイスでは凍結不可能な場合にのみ使用するほうがよい。時間短縮の目的で液体窒素を使用する場合は、ボイド消滅のための加圧にはそれに見合う時間をかける必要がある。

5.2 合成油系のパイプ油の場合

超高圧POFケーブルには合成油系パイプ油の使用が予想され、これを凍結するには表1, 2から明らかなように、液体窒素を使用しなければならない。凝固点の低い合成油系パイプ油を液体窒素で凍結させた場合にも5.1と同様のことが言えるかどうかを検討した。

試料として275 kV, 1,400 mm<sup>2</sup> POFケーブル3条を引き入れた10 in パイプを用い、アルキルベンゼンとポリブデンの混合油を充てんした。終端部が高くなるため凍結部の油圧は約0.6 kg/cm<sup>2</sup>・G

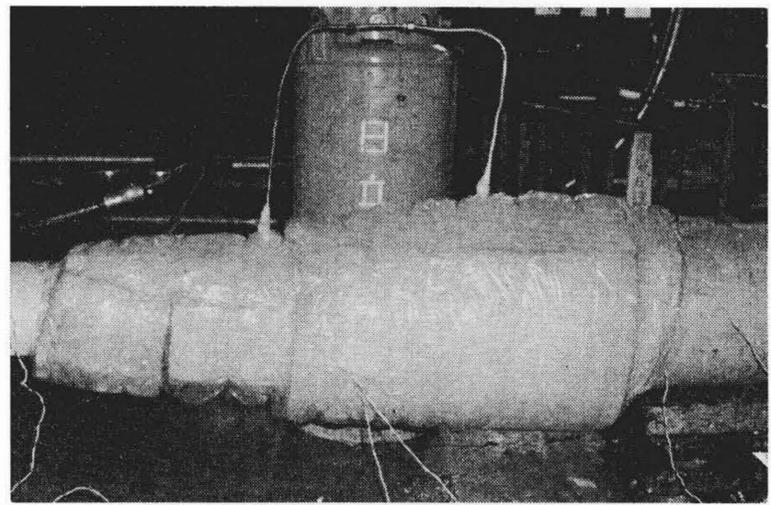


図7 275 kV 3×1,400 mm<sup>2</sup> POFケーブル凍結実験状況 (液体窒素使用)

となる。なお試料には20 inパイプの普通接続箱が含まれており、100 cm長の凍結容器を10 inパイプと20 inパイプの溶接部を中心として取りつけた。試験状況は図7に示すとおりである。

測定時の印加電圧による絶縁体の損傷を防ぐため、測定回数、電圧印加時間を極力押え、最高電圧も200 kVにとどめた。誘電正接と内部放電測定結果を示すと表3のようになる。

誘電正接の電圧による増加、内部放電の発生状況から判断して、合成油系パイプ油の場合も凍結時に絶縁体内部にボイドが発生し、凍結溶解後7kg/cm<sup>2</sup>・Gの油圧を6時間以上加えてはじめて消滅することが明らかとなった。なお、凍結および溶解はケーブル表面温度がそれぞれパイプ油の凝固点(-80°C)および含浸油の流動点(-15°C)となることにより判定した。

内部放電開始電圧が200 kV以上となったのち、油圧7kg/cm<sup>2</sup>・Gの状態、360 kVから開始して交流長時間破壊試験を行なったところ、600 kVで破壊した。破壊点は冷却部から50 cm離れたケーブル部分で、解体視察の結果、脱油などの異常は認められなかった。正常なケーブルでの破壊電圧は640~680 kV(油圧7kg/cm<sup>2</sup>・G)程度であり、今回の値はやや低いようであるが、275 kVケーブルとしては見劣りしない。

したがって、凍結により絶縁体内部にボイドが発生するが、凍結溶解後じゅうぶん長時間油圧を加えればボイドは消滅し絶縁体に損傷の跡を残すことはない。ただ、凍結の溶解とボイドの消滅には、凍結所要時間以上の長時間を要するので、実ケーブルでの凍結工法の全時間を短縮するには凍結所要時間とともに、溶解後の加圧時間も短縮できるよう検討することが必要であると思われる。

表3 凍結工法時のケーブル誘電正接、内部放電測定結果 (275 kV, 3×1,400 mm<sup>2</sup> POFケーブル)

経過時間 (h)	測定時期	大気温度 (°C)	凍結部ケーブル温度 (°C)	油圧 (kg/cm <sup>2</sup> ・G)	誘電正接 (%)					内部放電 <sup>(2)</sup> 開始電圧 (kV)	160 kVでの内部放電	
					80 kV	120 kV	160 kV	200 kV	増加分 <sup>(1)</sup>		最大放電電荷量 (pc)	発生ひん度 <sup>(3)</sup> (PPS)
0	冷却開始	12	11	0.6 <sup>(4)</sup>	0.201	0.202	0.203	0.204	0.003	200以上	—	—
7	凍結完了	11	-80	0.6 <sup>(5)</sup>	0.301	0.314	0.332	0.355	0.054	65	1,200	1,600
33 <sup>(6)</sup>	凍結溶解	7	-11	7.0	0.270	0.272	0.274	0.277	0.007	150	160	10
36	溶解後3時間	5	-8	7.0	0.253	0.255	0.256	0.258	0.005	180	80	1~2
39	溶解後6時間	4	-6	7.0	0.242	0.243	0.245	0.246	0.004	200以上	—	—

注: (1) 測定電圧200 kVと80 kVでの誘電正接の差  
 (2) 測定感度40 pc以上  
 (3) 40 pc以上の発生ひん度  
 (4) パイプ油圧を示す。7 kg/cm<sup>2</sup>・Gから降下させた直後であるためケーブル内は0.6 kg/cm<sup>2</sup>・G以上。  
 (5) パイプ油圧を示す。凍結部ケーブル内部の油圧は負圧になっている。  
 (6) 12h間凍結維持

6. 結 言

6 in パイプによる凍結実験および凍結工法の絶縁体に及ぼす影響の検討結果をまとめると以下のとおりである。

- (1) 凍結可能な最大流量は、冷却長に比例し、パイプ径に反比例する。6 in パイプで鉱油系パイプ油を使用している場合、ドライアイスで冷却すると 900 cc/min の油流まで凍結させることができる。これ以上の油流に対しては液体窒素を用いないと凍結させることができない。
- (2) 凍結所要時間は初期流量に比例する。ただし、最短所要時間は3時間である。6 in パイプ、鉱油系パイプ油、ドライアイスの場合、900 cc/min の初期油流を凍結させるには6時間を要する。液体窒素を用いれば、凍結所要時間の短縮は期待されるが、絶縁体に及ぼす影響も勘案しなければならない。
- (3) 鉱油系パイプ油の場合、冷却剤としてドライアイスを用いれば、絶縁体に及ぼす影響はない。液体窒素を用いたときには、絶縁体内部にボイドが発生するので、凍結溶解後じゅうぶん長時間、ボイドを消滅させるための加圧を行なう

必要がある。

- (4) 合成油系パイプ油の場合、液体窒素を用いないと凍結が不可能であり、やはり凍結時に若干のボイドが発生するので、凍結溶解後の加圧をじゅうぶん行なわなければならない。
- (5) ボイドが発生してもじゅうぶん長時間加圧してボイドを消滅させればその後に影響を残すことはない。

参 考 文 献

- (1) Papers of IEEE Summer Meeting: "EHV Cable Symposium" (1967)
- (2) EL & P Report: EL & P, 45-8, 61 (Aug. 1967)
- (3) 遠藤ほか2名: 日立評論, 50, 725 (昭43-8)
- (4) 安藤ほか2名: 電気学会連合大会, No.1031 (昭44-3)
- (5) 安藤, 沼尻: 電気学会東京支大, No.341 (昭43-11)
- (6) 水上ほか4名: 日立評論, 48, 1330 (昭41-11)
- (7) G. N. Decowsky: EL & P, 32-9, 77 (Spe. 1954)
- (8) E. J. Merrel: AIEE, Pt. III, 74, 1023 (1955)
- (9) EL&P Report: EL&P, 45-8, 50 (Aug. 1967)
- (10) C. M. Short: IEEE Winter Power Meeting, No. TP46-PWR (1968)
- (11) 丸山, 大谷: 住友電気, 97, 24 (昭43-2)
- (12) 安藤: 電気学会東京支大, No. 286 (昭43-11)



特 許 の 紹 介



特許第286698号(特公昭36-10756号)

石坂 靈 巖・今泉 藤 磨

電 気 車 制 御 方 式

従来、電気車の加速電流を制御する限流継電器の限流値は、電動機の界磁弱め率に関係なく一定とされていた。しかるに、限流値は電気車の加速時に車輪が空転を起す引張力を発生する電流より小さくしなければならない。一般に、全界磁時に上記のように定められたままの限流値で弱め界磁部分も制御するので、界磁が弱まるにしたがい引張力が減少していた。

この発明は、弱め界磁部分の制御にはいったならば、限流継電器CLRの限流値を高めるようにするものである。

限流継電器CLRには調整巻線21が設けられ、この巻線は1.線が生きたときに付勢され、調整巻線回路には、調整抵抗器rがそう入される。さらに、この調整抵抗器rを弱め界磁部分で順次短絡す

るため、制得円筒CDの弱めノッチ位置WF<sub>1</sub>~WF<sub>6</sub>の部分に階段状接触片が設けられる。

したがって、弱め界磁が進むにしたがい調整巻線21に流れる電流は増大する。調整巻線21による磁束は、CLRの電流巻線11による磁束とは差動的に作用するため、弱め界磁が進むにしたがって限流値が高められる結果となる。

以上のように、この発明の制御方式によれば、界磁を弱めても、同時に限流値を高めるため引張力の減少を補償しほぼ一定の引張力を得ることができ、加速特性の向上に大きく寄与するものである。(前川)

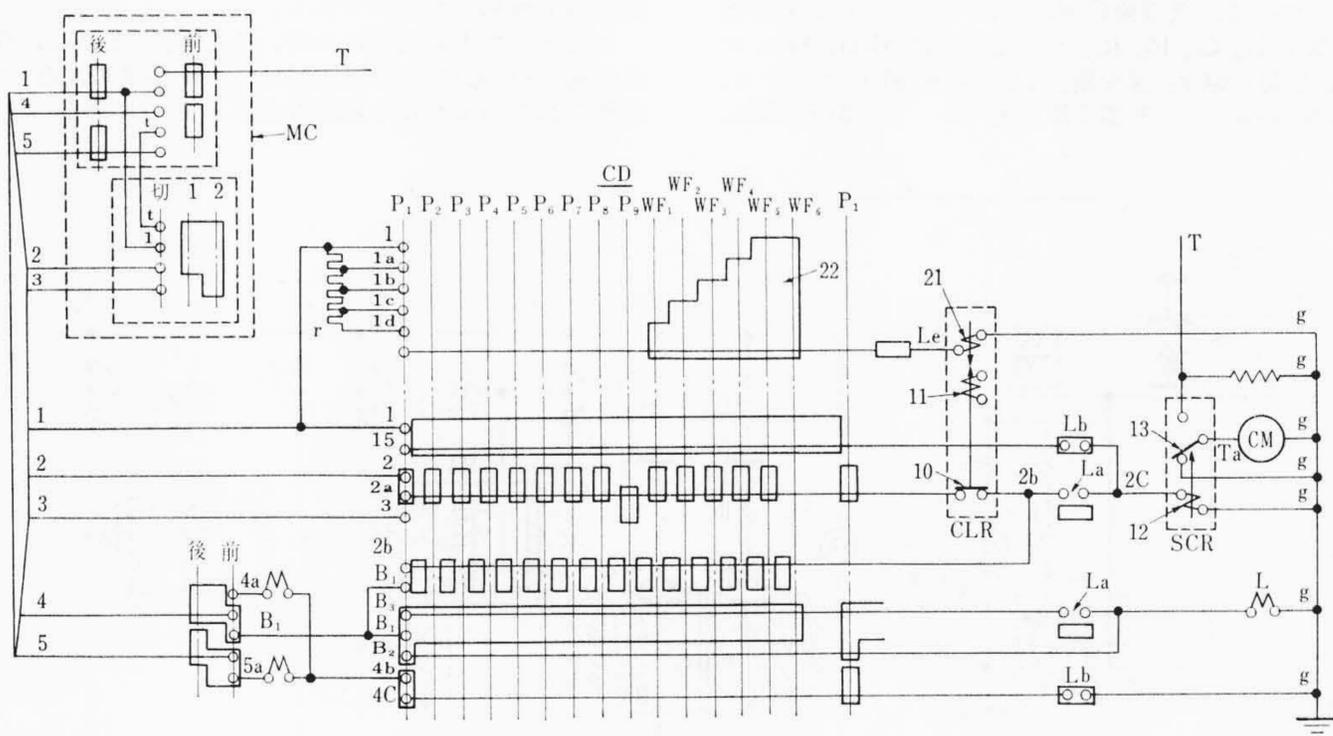


図 1



特許第275488号 (特公昭35-10355号)

古山義雄

電気車制御装置

従来、起動時に主電動機の直並列制御を行なう電気車においては、変電所容量のあまり大きくない電車線区間では主電動機の最大起動電流に変電所が耐え得なくなる。このため変電所の容量から制限される電流値内で起動加速していたので、起動時間が長かかっていたのが、現状であった。

本発明は前記変電所の容量により制限された起動電流値以内に主

電動機の起動電流値を制限し、しかも起動加速時間を短縮しようとするものである。

限流継電器 CLR の限流値が主電動機の直列加速時と、並列加速時とでは自動的に変更されるようにすることにより、直列加速時は主電動機に許し得る最大起動電流値をもって加速し、並列加速時は変電所の容量によって許し得る最大起動電流値をもって加速するように起動電流を選定する。

すなわち、並列加速時には制御円筒 CD に限流継電器 CLR の電流巻線 11, 12 に和動する付加巻線 20 を付勢する閉成回路接点 C を設けて、上記限流継電器 CLR の接点 10 を閉じる限流値を自動的に低下させるようにしたものである。

したがって本発明によれば、従来装置に比べ、起動加速特性が向上し、起動時間の短縮が可能となる。(和田)

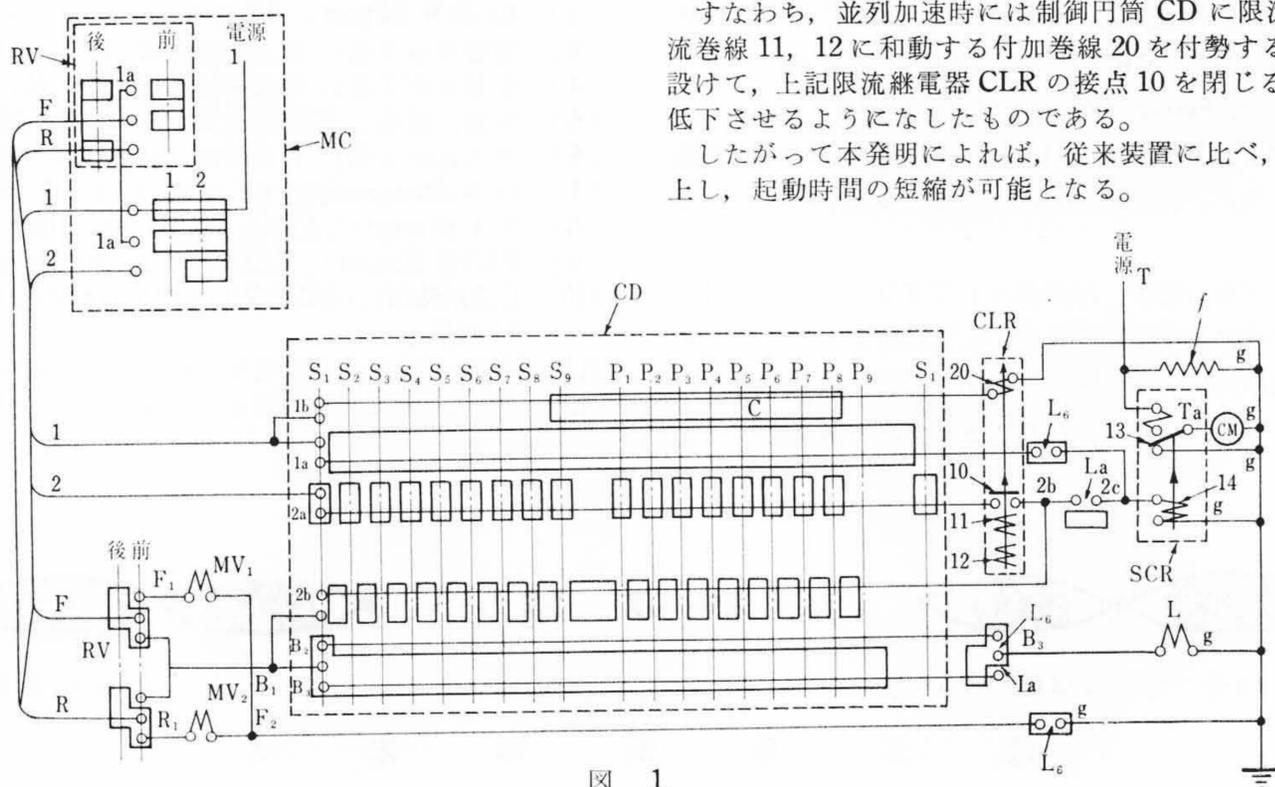


図 1

特許第291287号 (特公昭36-14159号)

高村正夫

電動発電機の定速制御装置

電気車における電動発電機は制御用、照明用、そのほかの電源として広く使用され、電車線電圧、負荷の広範囲にわたる変動にかかわらず定周波数、定電圧特性が要求される。

従来このような要求を満たすため、電動機は自動的に調整作用がおよぼされる差動、和動界磁巻線を分巻界磁巻線に加えて調整していたが、特に起動または再起動時に良好な整流が保ち得なかった。

すなわち、図 1 において、発電機 G 側に設けられた周波数偏差検出回路 L<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>, R<sub>1</sub>, R<sub>e1</sub>, L<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>e2</sub> と磁気増幅器 MA<sub>1</sub>, MA<sub>2</sub> によって差動巻線 f<sub>1</sub>, 和動巻線 f<sub>2</sub> 線を制御し、電動機 M を制御する。今、運転中の電動機 M 側のしゃ断器 LB を開くと、上記 MA<sub>1</sub>, MA<sub>2</sub>

の性質上、電動機 M の逆起電力は減少し、ゼロとなり、しかもそれより逆極性に転ずるといふ差動励磁勝ちとなり、その時点で LB を閉じると起動電流は突流となり整流が困難となっていた。

本発明はこれを除去するために、LB を開いた時に低電流継電器 LC の a 接点を閉じ MA<sub>1</sub> に付加した負帰還巻線 DC に直列に接続された抵抗 R<sub>0</sub> を全部または大部分を短絡して上記のような差動励磁勝ちを緩和したものである。

したがって本発明によれば、抵抗 R<sub>0</sub> を短絡した時点から MA<sub>1</sub> の負帰還作用が急激にききはじめ、LB が閉じたとしても突流も多少緩和されるので整流の困難を救うことができる。(和田)

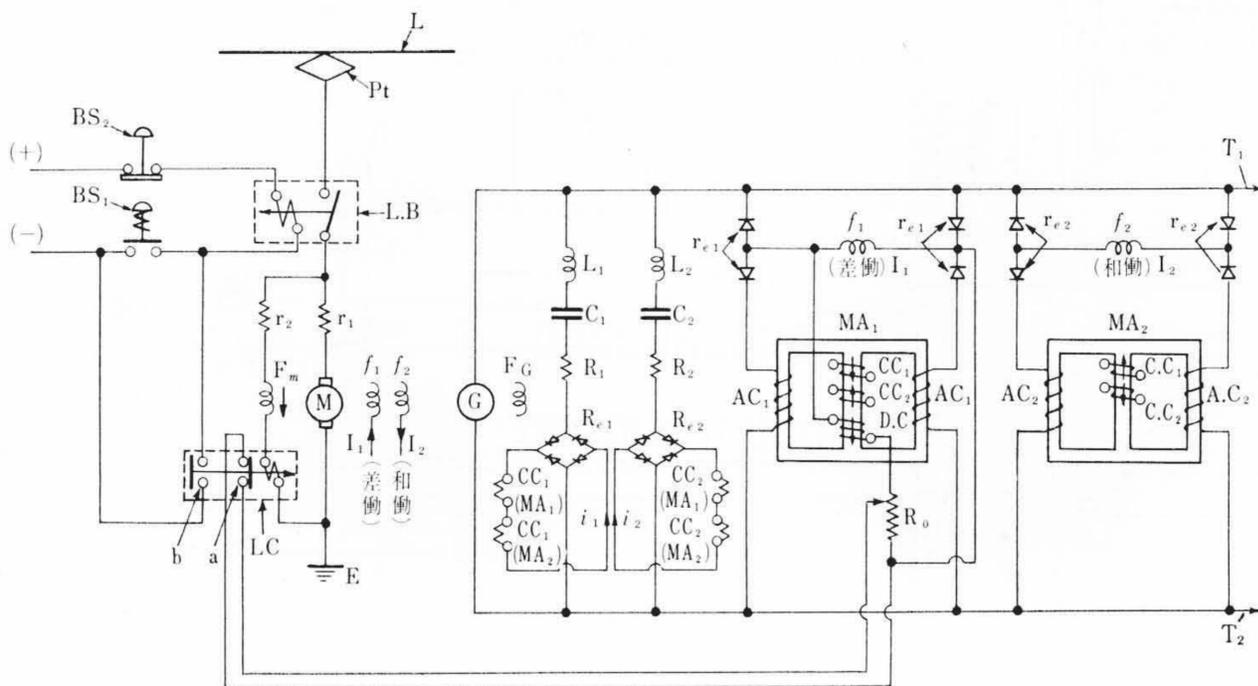


図 1