

超高压パイプ形 OF ケーブル用絶縁油の諸特性

Properties of Insulating Oils for EHV Pipe Type OF Cable

遠 藤 桓* 岡 皓 一* 佐 藤 政 勝*
Takeshi Endô Kôichi Oka Masakatsu Satô

要 旨

超高压パイプ形 OF ケーブル用として考えられている各種絶縁油の総合的な特性検討を行なった。その結果、検討した絶縁油の中では重質アルキルベンゼンとポリブデンの混合油が最もすぐれた特性を示した。また一般に、残留している不純物量の多い鉱油系絶縁油は、初期および長期の誘電特性に劣る傾向を示したが、ある種の充てん用鉱油は比較的すぐれた特性を示した。

一方ポリブデン油は交流の破壊電圧が若干低かった。

1. 緒 言

パイプ形 OF ケーブル (以下 POF ケーブルと略す) はアメリカでは大量に使用されているが、わが国ではあまり使用実績がない。しかし、最近超高压大電力送電用として POF ケーブルが注目されてきており、近い将来には 275 kV 系統に使用される気運にある⁽¹⁾。すでにアメリカでは鉱油およびポリブデン油を含浸した POF ケーブルが 345 kV 系統にまで使用されており⁽²⁾、500 kV 級ケーブルの可能性についても検討され始めている。日立電線株式会社でも 230 kV 級 POF ケーブルについて、かなりの納入実績をもっており⁽³⁾、275 kV 以上の超高压 POF ケーブルに対しても長期にわたって各種の研究を続けてきている。

この報告では、その中の絶縁油に対する研究の一部を紹介するもので、従来から使用されてきた鉱油と最近注目されてきている合成油およびそれらの混合油について比較検討しようとするものである。

2. パイプケーブル用絶縁油の要求性能

2.1 POF ケーブルの構造

最近試作した 275 kV POF ケーブルの構造を図 1 に示す。この種ケーブルは通常の OF ケーブルとは、かなり異なった取り扱いをうける。一般にケーブルコアは製造されてから布設工事完了までのかなりの期間外気にさらされるので、絶縁層内含浸油の流下および湿気の侵入を防ぐためシースの外側にポリエステルフィルムが巻かれている。さらにパイプへの引き込みの際の機械的保護のためスキッドワイヤが巻かれている。

ケーブルコアの引き込み後はパイプ内を真空排気し、脱気処理した充てん油をパイプ内に注入する。この充てん油は図より明らかなように含浸油よりはるかに多量に用いられる。

なお、ケーブル運転時にはポンプにより充てん油を 10~15 kg/cm² まで加圧し、絶縁体中に気泡が発生するのを抑制している。

2.2 含浸油の要求性能

(1) 粘 度

ケーブル製造時、コアに含浸される絶縁油は低粘度ほど作業が容易であるが、ケーブルが布設され、充てん油がパイプに注入されるまでは常温において油の流下を防がなければならない。これらの点を考慮して 37℃ における粘度は、数 100~1,000 CS とかなり高粘度の絶縁油が用いられている。

(2) 電気特性および長期劣化安定性

超高压 POF ケーブルでは通常の OF ケーブルの場合と同様、誘電特性および長期劣化安定性にすぐれ、しかも絶縁耐力の高い

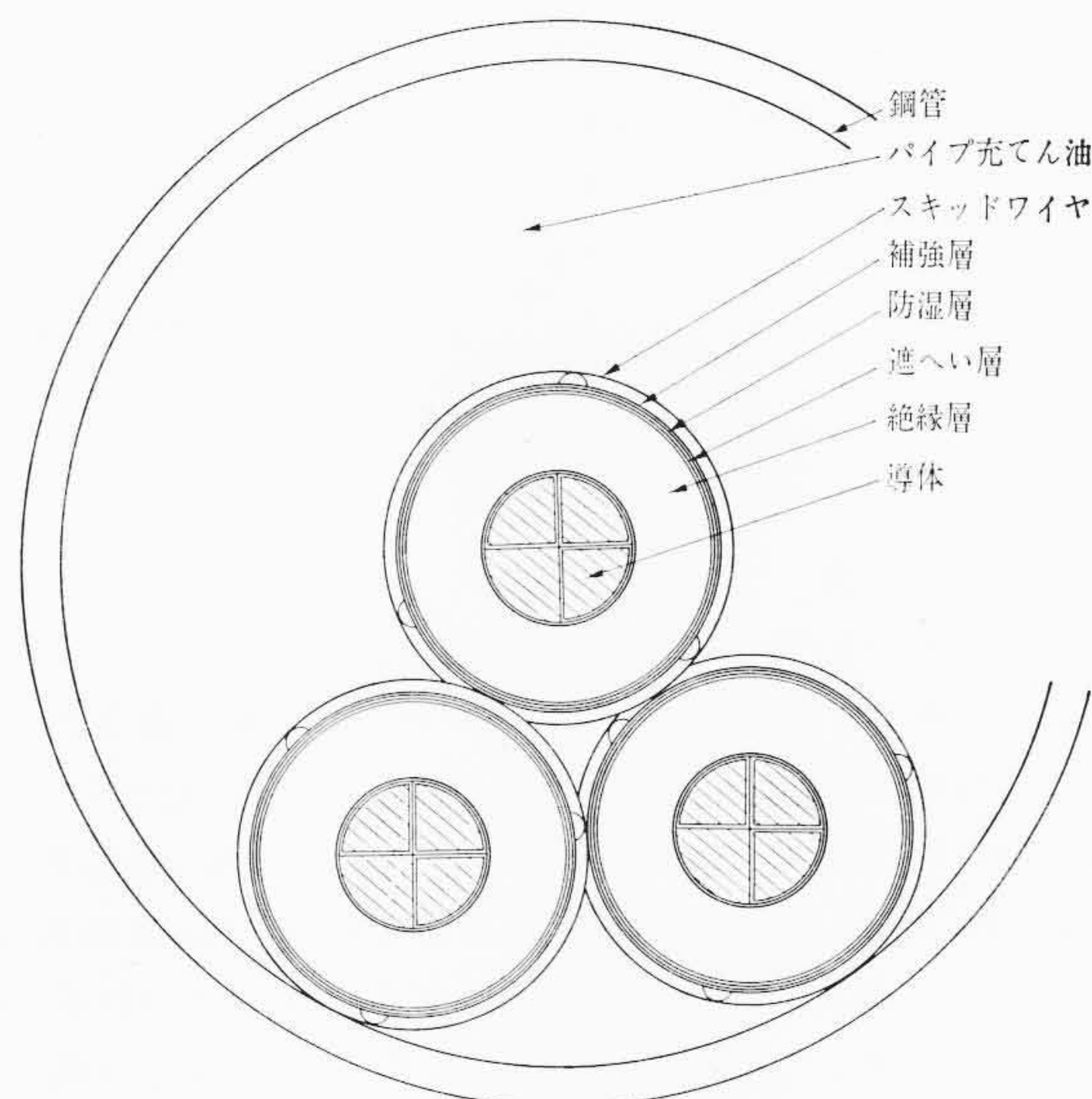


図 1 高油圧パイプケーブルの構造

絶縁油が要求される。含浸油は高粘度のためインパルス耐圧が高いのに反し交流耐圧が低いので、特に交流耐圧のすぐれた絶縁油が望ましい。

2.3 充てん油の要求性能

(1) 粘 度

充てん油はケーブルへの圧力伝達が主目的である。圧力伝達および脱気処理の点からは粘度が低いほど好ましい。また一般に低粘度鉱油は安価である。しかしケーブル事故時には充てん油を凍結して流動を押え復旧作業を行なう必要があり(凍結工法)、さらに引火点などを考えるとある程度の粘度は必要である。充てん油の粘度はこれらを勘案して決められる。

(2) 電 気 特 性

POF ケーブルでは使用期間中油の熱膨張、収縮によりコア中の含浸油は充てん油と置換される。しかも充てん油は含浸油よりはるかに多いので、最終的にはケーブルコアは充てん油で含浸されてしまうと考えられる⁽⁴⁾。このため充てん油の電気特性、長期劣化安定性は含浸油と同等以上に重要視されなければならない。

このほか充てん油の量は含浸油よりはるかに多いので、価格が低廉であることが特に必要である。

3. 供試油の諸特性

3.1 物理化学特性

上述したような種々の要求事項を考慮に入れて、次に示すような数種の含浸および充てん用絶縁油について検討した。

* 日立電線株式会社日高工場

表1 各種絶縁油の物理化学特性

用途	項目 試料	密度 15℃ (g/cm ³)	動粘度 (CS)		引火点 COC (℃)	流動点 (℃)	膨張 係 数 (×10 ⁻⁴)	比分散 20℃	平均 分子量	誘電率 80℃		誘電正接 80℃ (%)		体積抵抗率 80℃ (Ω-cm)		略 号
			100° F	210° F						劣化前	劣化後	劣化前	劣化後	劣化前	劣化後	
パイプ含浸油	鉱油—1	0.931	527	22.3	220	−12.5	6.9	115.9	512	2.22	2.26	0.011	0.043	2.1・10 ¹⁴	5.1・10 ¹³	MI ₁
	鉱油—2	0.927	510	21.0	240	−12.5	6.9	117.9	490	2.22	2.25	0.015	0.081	1.8・10 ¹⁴	4.5・10 ¹³	MI ₂
	鉱油—3	0.928	1,068	28.1	240	0.0	8.2	124	477	2.26	2.26	0.021	0.095	1.1・10 ¹⁴	5.8・10 ¹³	MI ₃
	ポリブデン	0.866	1,018	34.5	169	−15	8.0	103	610	2.17	2.22	0.008	0.01	1.8・10 ¹⁵	5.8・10 ¹⁴	PI ₁
	重質AB+ ポリブデン	0.881	1,012	41.9	168	−12.5	7.0	114	715	2.17	2.26	0.009	0.016	8.9・10 ¹⁴	2.5・10 ¹⁴	BI ₁
	鉱油+重質AB +ポリブデン	0.904	654	29.2	184	−17.5	6.8	116	593	2.25	2.26	0.025	0.078	1.2・10 ¹⁴	8.2・10 ¹³	BI ₂
パイプ充てん油	鉱油—1	0.921	170.7	11.26	192	−25	7.0	117.2	421	2.20	2.25	0.028	0.27	1.7・10 ¹⁴	8.5・10 ¹²	MP ₁
	鉱油—2	0.924	168.6	10.58	206	−27.5	7.0	119.5	397	2.20	2.25	0.025	0.18	1.9・10 ¹⁴	1.2・10 ¹³	MP ₂
	ポリブデン	0.849	122.1	9.67	165	−37.5	9.0	99	430	2.17	2.25	0.010	0.015	1.3・10 ¹⁴	8.8・10 ¹³	PP ₁
	重質AB+ ポリブデン—1	0.877	258.2	16.4	164	−25	7.2	119	560	2.17	2.24	0.013	0.028	2.6・10 ¹⁴	1.0・10 ¹⁴	BP ₁
	鉱油+重質AB +ポリブデン	0.906	193.1	13.0	182	−30	6.9	115	460	2.28	2.26	0.042	0.085	7.0・10 ¹³	2.2・10 ¹³	BP ₂
	重質AB+ ポリブデン—2	0.872	163.5	12.9	164	−27.5	7.5	120	—	2.18	2.22	0.005	0.021	1.2・10 ¹⁵	5.7・10 ¹⁴	BP ₃
	OF鉱油+ ポリブデン	0.888	165	17.4	140	−30	7.3	—	—	2.19	2.23	0.010	0.053	2.6・10 ¹⁴	7.5・10 ¹³	BP ₄
	OFAB+ ポリブデン	0.884	146	15.5	128	−30	7.5	—	—	2.20	2.24	0.009	0.028	5.1・10 ¹⁴	6.7・10 ¹³	BP ₅
OF油	鉱油	0.877	6.8	2.0	140	−45	6.8	116	253	2.15	2.19	0.008	0.063	3.0・10 ¹⁵	2.0・10 ¹⁴	M
	ハード形 A B	0.868	7.0	1.6	132	−57.5	6.8	128	264	2.22	2.30	0.005	0.068	4.0・10 ¹⁵	8.0・10 ¹⁴	A

- (1) 鉱油
- (2) ポリブデン油
- (3) ポリブデンとアルキルベンゼンの混合油
- (4) 鉱油, ポリブデン, アルキルベンゼンの3種の混合油

表1にこれら供試油の物理化学特性を示す。含浸油(略号I)の粘度は37℃において約500~1,000CSであり、充てん油(略号P)は120~200CSある。BP₄(Bは混合油であることを示す)は鉱油系OF油をポリブデンで、またBP₅はアルキルベンゼン系(以下AB系と略す)OF油をポリブデンで増粘したものである。しかし表より明らかなように、この油は引火点がOF油より低くなっているのが問題である。

ポリブデン油(PI₁, PP₁)は芳香族成分をまったく含まないため比分散値は小さく、また比重、誘電率も若干小さい。これに対し含浸用、鉱油-3(MI₃)は芳香族成分を特に多くしたものである。

なおパイプケーブル油との比較のため、OF油についても一部実験を行なった。

3.2 ガス特性

各種パイプケーブル油のガス特性をピレリ改良形ガス試験装置(絶縁油部会ガス試験器)により測定した。実験は通常行なわれるH₂ガスの場合のほかにN₂ガスについても行なった。ガス試験の結果を図2に示す。

図より明らかなようにH₂ガス中ではいずれもガス吸収を示すが、N₂ガス中ではいずれもガス発生を示す。これらのガス発生および吸収量は絶縁油の組成によって変化するとともに、粘度によっても大幅に影響をうけており、高粘度油ほどガス発生および吸収量が少ない。またH₂ガスでは最もガス吸収量の多かったポリブデン油はN₂では逆に最もガス発生量が多くなっている。このようにガスにより、その傾向が異なるのは、ここで観察されたガス発生、または吸収量は油分子のC—HあるいはC—C結合の切断による水素ガス、炭化水素ガスの生成反応、あるいは二重結合の水素付加反応など非常に多数の反応が相乗された結果であり、ふんい気ガスの種類や濃度で主反応の種類が変わるためであろう。オレフィン系の二重結合をもつポリブデンは水素付加反応が非常に起こりやすいため、水素ガスの吸収量としては大きな値を示すものと考えられる。

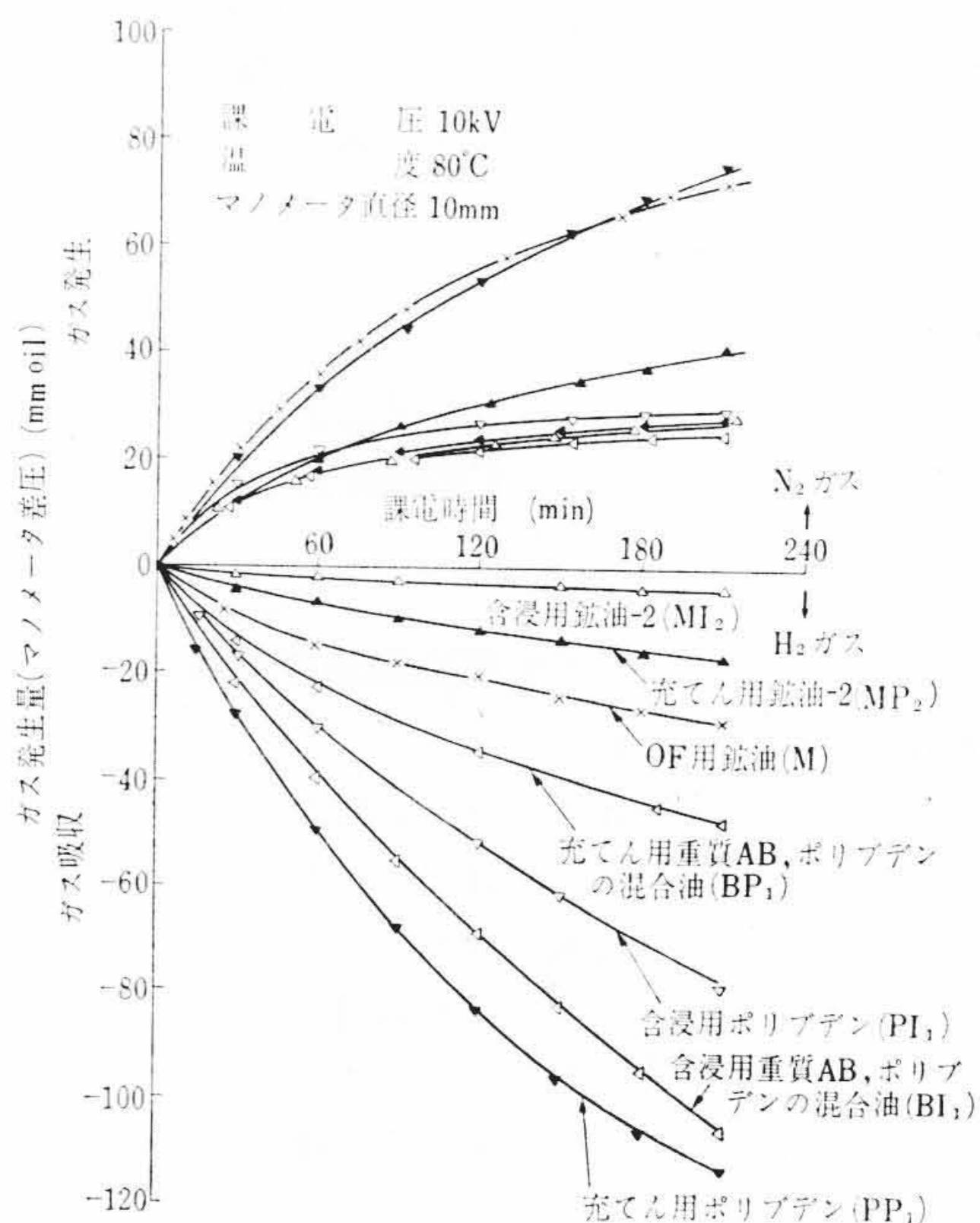


図2 各種絶縁油のコロナ放電下におけるガス特性

4. 含浸紙の電気特性

4.1 含浸紙の誘電特性

含浸紙の誘電特性は絶縁紙と絶縁油の複合構造であることから計算により求めることができるが⁽⁵⁾、絶縁紙は絶縁油中の不純物を吸着しやすく、しかも印加電界により誘電正接が変化するので油浸紙による誘電特性の測定を行なった。

試験に用いた絶縁紙は厚さ125μの低損失絶縁紙で、ケーブルのバットギャップを模擬してピッチ18mm、幅1.5mmのスリットを付けている。この紙を3枚、スリットが1/3レジストレーションになるように重ねた。この試料を平板電極にセットし、供試油を含浸して誘電正接の温度特性を測定した。なお測定電極とガード電極間の間げきによる電界ひずみが測定値に影響を与えないよう特殊な試料構成とした。

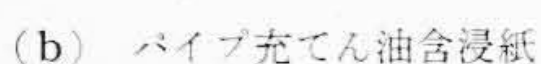
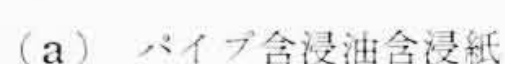


Figure 1 is a line graph showing the relationship between induced voltage (誘起電圧 (%)) on the y-axis and measurement temperature (測定温度 (°C)) on the x-axis. The y-axis ranges from 0 to 3.0, and the x-axis ranges from 0 to 100. There are two main data series: stainless steel electrodes (ステンレス製, dashed lines) and copper-plated electrodes (真ちゅう製, solid lines). The graph includes three sets of curves for different oil-impregnated paper samples: MI1 (含浸用鉱油-1), MI2 (含浸用鉱油-2), and MI3 (含浸用鉱油-3). The MI3 sample shows the highest induced voltage, followed by MI2, and then MI1. The stainless steel electrodes show a sharp increase in induced voltage above 60°C, while the copper-plated electrodes show a more gradual increase. The graph also includes a schematic diagram of the electrode setup, showing two parallel electrodes with a central gap.

測定温度 (°C)	誘起電圧 (%) - MI1 (MI1)	誘起電圧 (%) - MI2 (MI2)	誘起電圧 (%) - MI3 (MI3)
20	0.15	0.15	0.15
40	0.15	0.15	0.15
60	0.15	0.20	0.25
80	0.30	0.60	1.20
100	0.50	1.00	2.60

Figure 1 is a bar chart showing the relationship between the type of oil used for immersion and the breakdown voltage of the head of the cable. The chart compares three oil types: 含浸油 (Impregnating Oil), 充電ん油 (Charging Oil), and OF油 (Oil-Filled). The breakdown voltage is measured in kV/mm on the left y-axis (41 to 53) and kV/mm on the right y-axis (120 to 180). The chart shows that the breakdown voltage is generally higher for the 含浸油 and 充電ん油 groups compared to the OF油 group. The 含浸油 group includes samples (M1), (M2), (P1), (B1), (B2), (MP1), and (MP2). The 充電ん油 group includes samples (PP1), (BP1), (BP2), (BP3), (BP4), and (BP5). The OF油 group includes samples (M) and (A). The chart also shows that the breakdown voltage is generally higher for the 含浸油 and 充電ん油 groups compared to the OF油 group.

油の種類	試料番号	交流インパルス緩波頭波	交流インパルス緩波頭波 (kV/mm)
含浸油	鉍油 1	(M1)	45
	鉍油 2	(M2)	47
	ポリブテン	(P1)	46
	重質 AB + ブテン	(B1)	53
	+ ポリブテン	(B2)	50
	鉍油 1	(MP1)	49
	鉍油 2	(MP2)	44
充電ん油	ポリブテン	(PP1)	44
	重質 AB + ブテン 1	(BP1)	46
	+ ポリブテン	(BP2)	46
	鉍油 + 重質 AB	(BP3)	42
	重質 AB + ブテン 2	(BP4)	48
	重質 AB + ブテン	(BP5)	47
OF油	OF 鉍油	(M)	41
	+ ポリブテン	(A)	45
	OF 重質 AB	(A)	53

破壊試験結果を図 5 に示す。一般に標準インパルス波の破壊電界強度は緩波頭波より 5~10% 高くなっている。またこれらのインパルス破壊の電界強度は絶縁油の組成にはほとんど無関係に粘度とともに直線的に増加する傾向を示している。一方、交流はわずかではあるが粘度増加により破壊の電界強度は低下の傾向を示している。また、含浸用、充てん用ともにポリブデン油含浸紙の交流破壊電界強度はほかより 5~10% 低くなっている。このようにポリブデン油の交流破壊電界強度がほかより低いのは、図 2 のガス特性にも現われるように、電界によりガスを放出しやすいためであろう。

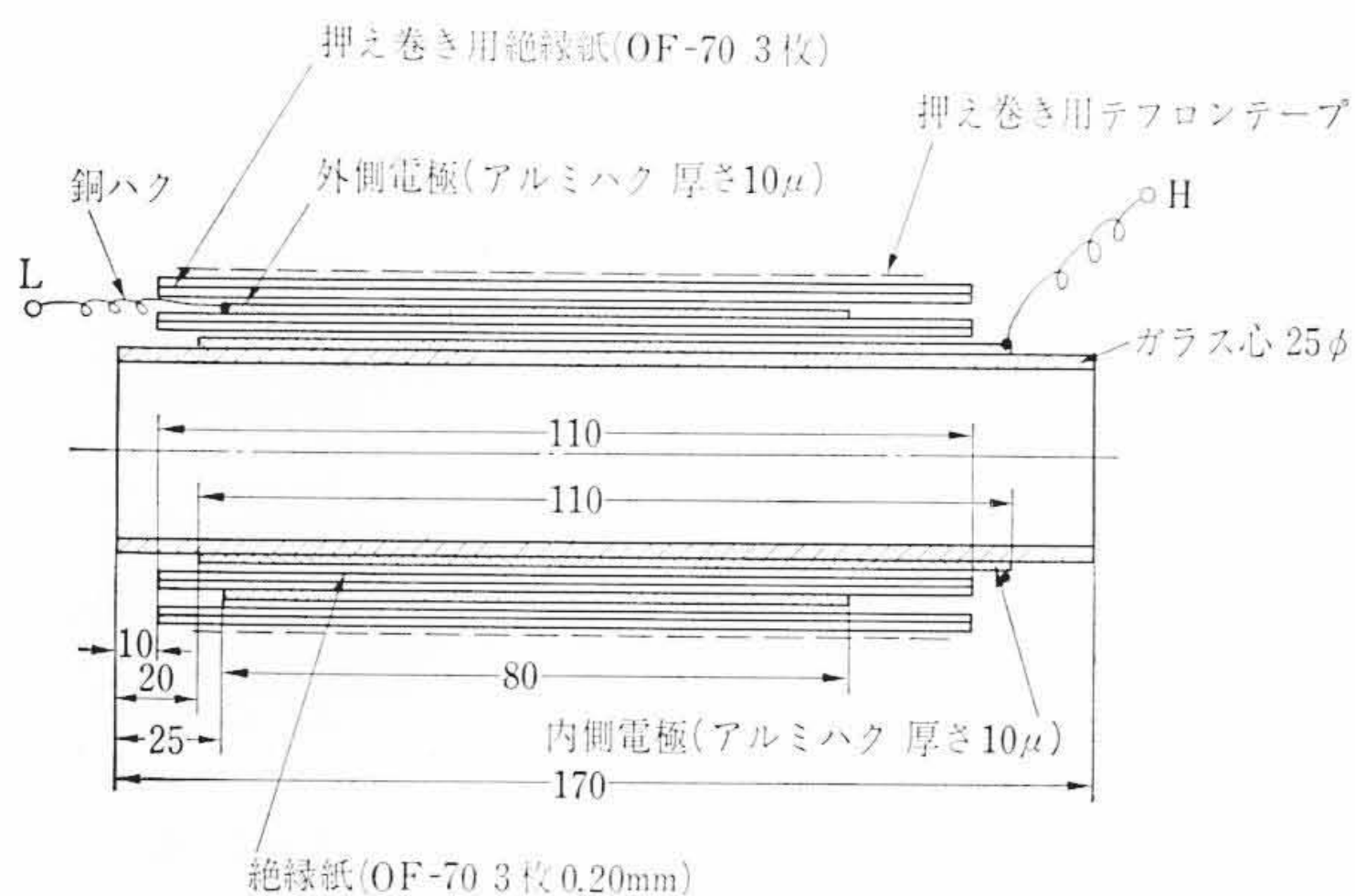


図 6 モデルコンデンサの構造

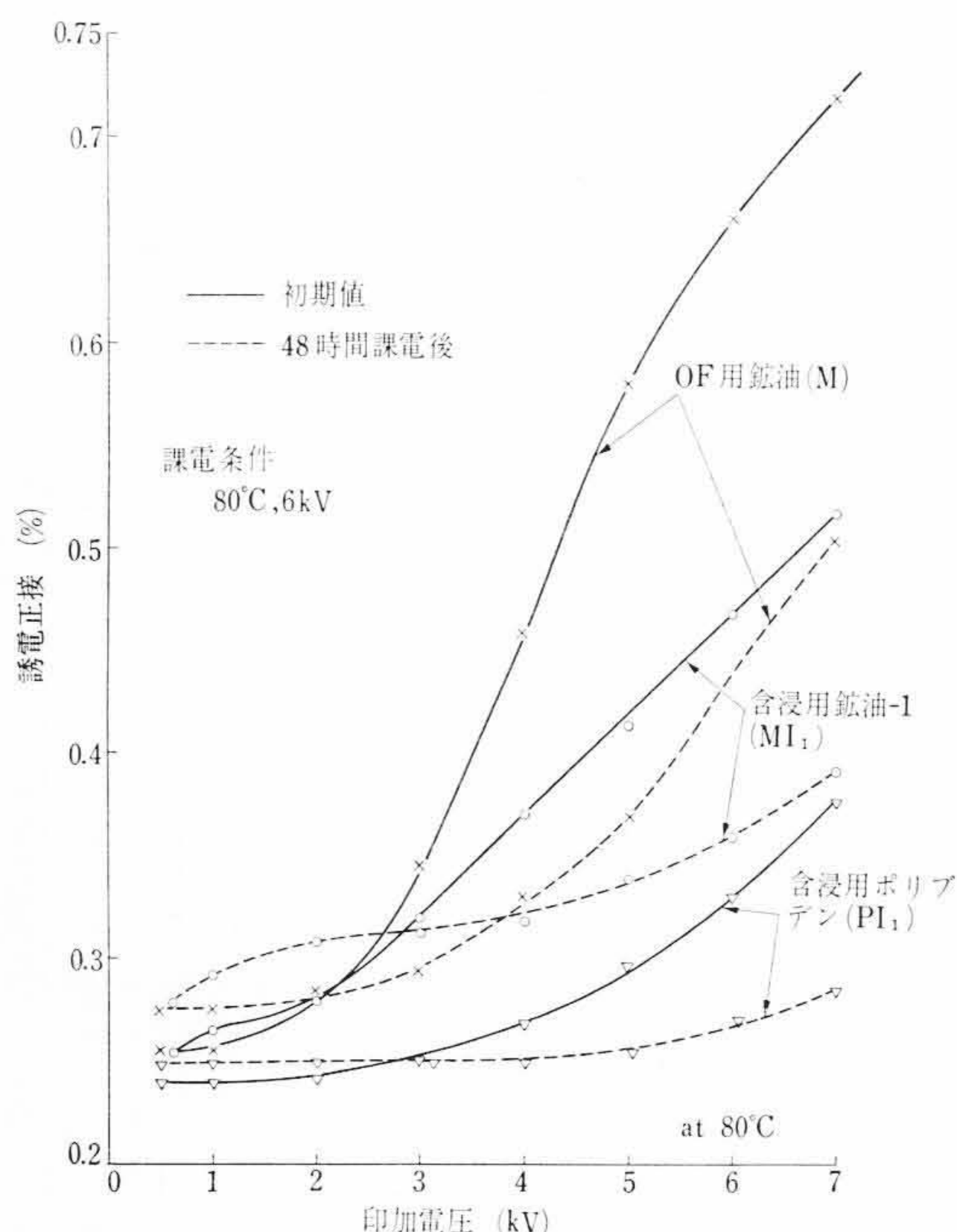


図 7 各種絶縁油の耐コロナ性試験結果

4.3 耐 コロナ 性

ケーブルの長期寿命を判定する一つの目安として、ケーブルの使用電界強度に裕度を見込んだ程度の電界における長期の耐コロナ性を明らかにすることは実用上から望ましい。

この種目的のために古くから絶縁油のガス試験法が開発されており、3.2で述べたようなピレリ改良形ガス試験装置が一般に使用されている。しかしこの方法は気中の沿面放電におけるガスの発生、あるいは吸収量から絶縁油の安定性を調べるものであり、この場合の放電の様相は紙が共存する油中放電とはかなり異なるとも考えられる。

以上の点を考慮して筆者らは油浸紙を用いた絶縁油の耐コロナ性試験法を提案している⁽⁶⁾。これはモデルコンデンサのハク端部におけるコロナ放電量の時間的変化から耐コロナ性を調べるものである。

実験に用いたモデルコンデンサの構造を図 6 に示す。また試験温度 80°C、印加電圧 6 kV (28 kV/mm) における耐コロナ性の試験結果⁽⁷⁾の一部を図 7 に示す。図より明らかなように課電後の誘電正接の電圧特性はかなりへいたんになり、 $\Delta \tan \delta$ ($\tan \delta$ の電圧による上昇分) は減少している。この $\Delta \tan \delta$ は絶縁油の種類により異なり、油浸紙沿面のコロナが課電とともに減少することを示している。

ここで耐コロナ性を表現する方法として次式を用いた。

$$\text{耐コロナ特性値} = \frac{\tan \delta_{H.1} - \tan \delta_{H.2}}{\tan \delta_{H.1} - \tan \delta_{L.1}} \times 100 \quad (\%)$$

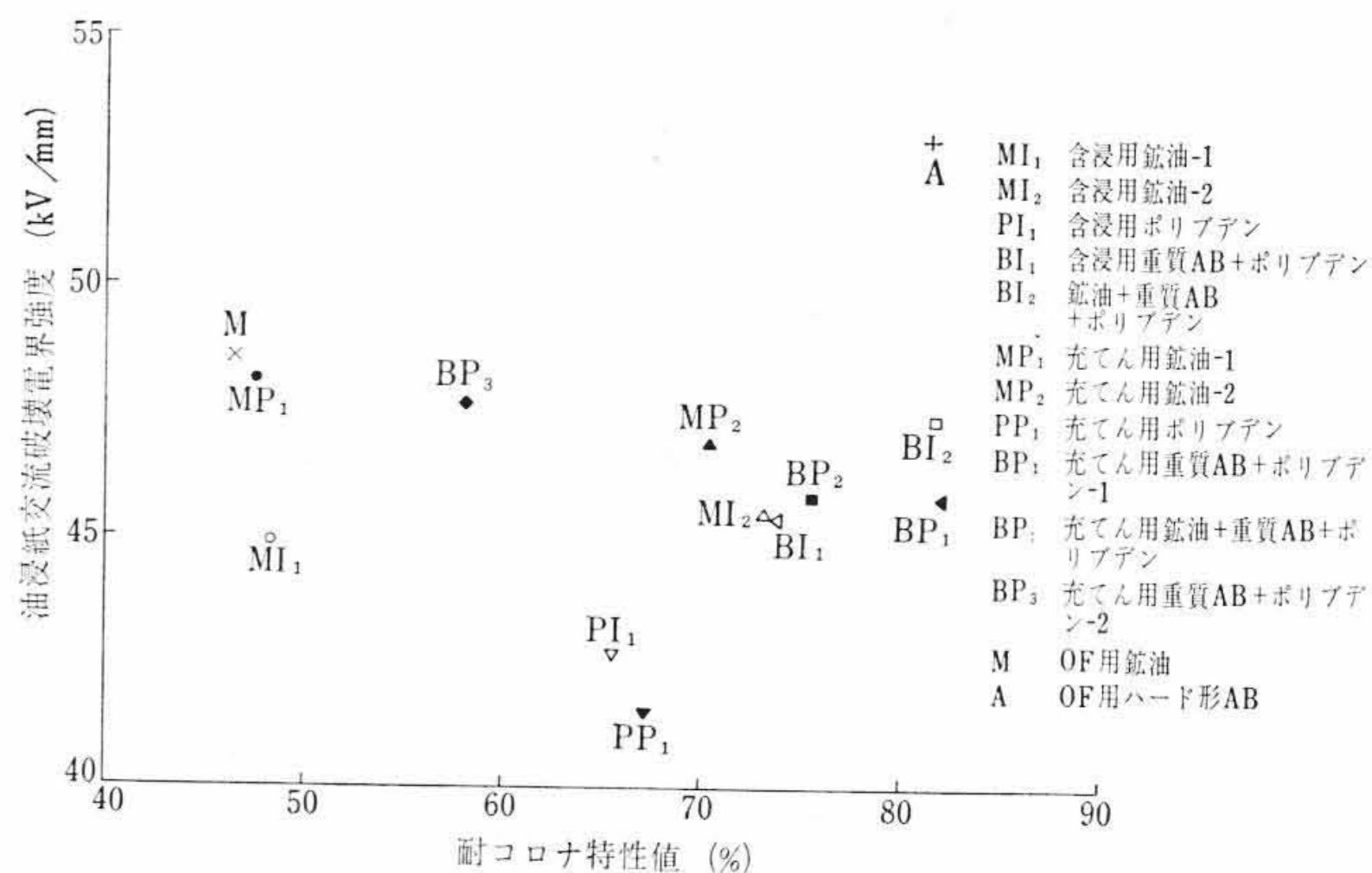


図 8 油浸紙の交流破壊電界と耐コロナ特性値との相関性

ただし、

- $\tan \delta_{H.1}$: 最高測定電圧 (7 kV) における初期誘電正接 (%)
- $\tan \delta_{L.1}$: 最低測定電圧 (0.5 kV) における初期誘電正接 (%)
- $\tan \delta_{H.2}$: 一定時間経過後の最高測定電圧 (7 kV) における初期誘電正接 (%)

すなわち最高測定電圧における誘電正接の課電時間による変化分を、初期の誘電正接の電圧による増加分 ($\Delta \tan \delta$) で除した値を百分率で示したものである。なお 48 時間の課電によりこの特性値はほぼ一定になるため、これを供試絶縁油の耐コロナ性と述べている。

図 8 に耐コロナ性と油浸紙の交流破壊電界強度との関係を示す。図より耐コロナ性と油浸紙の破壊電界強度との間にはあまり相関性のないことがわかる。しかし同一種類の絶縁油は含浸、充てん油ともに耐コロナ性はほぼ等しく、重質 AB とポリブデンの混合油 (BI₁, BP₁) がすぐれていることを示している。またポリブデン油 (PI₁, PP₁) は交流破壊電界強度が低いにもかかわらず耐コロナ性はほぼ中間的な値であり、破壊を生じないような微弱なコロナのもとではかなり安定していることを示している。またこれは不純物含有量がポリブデン油には少ないことも関係していると考えられる。

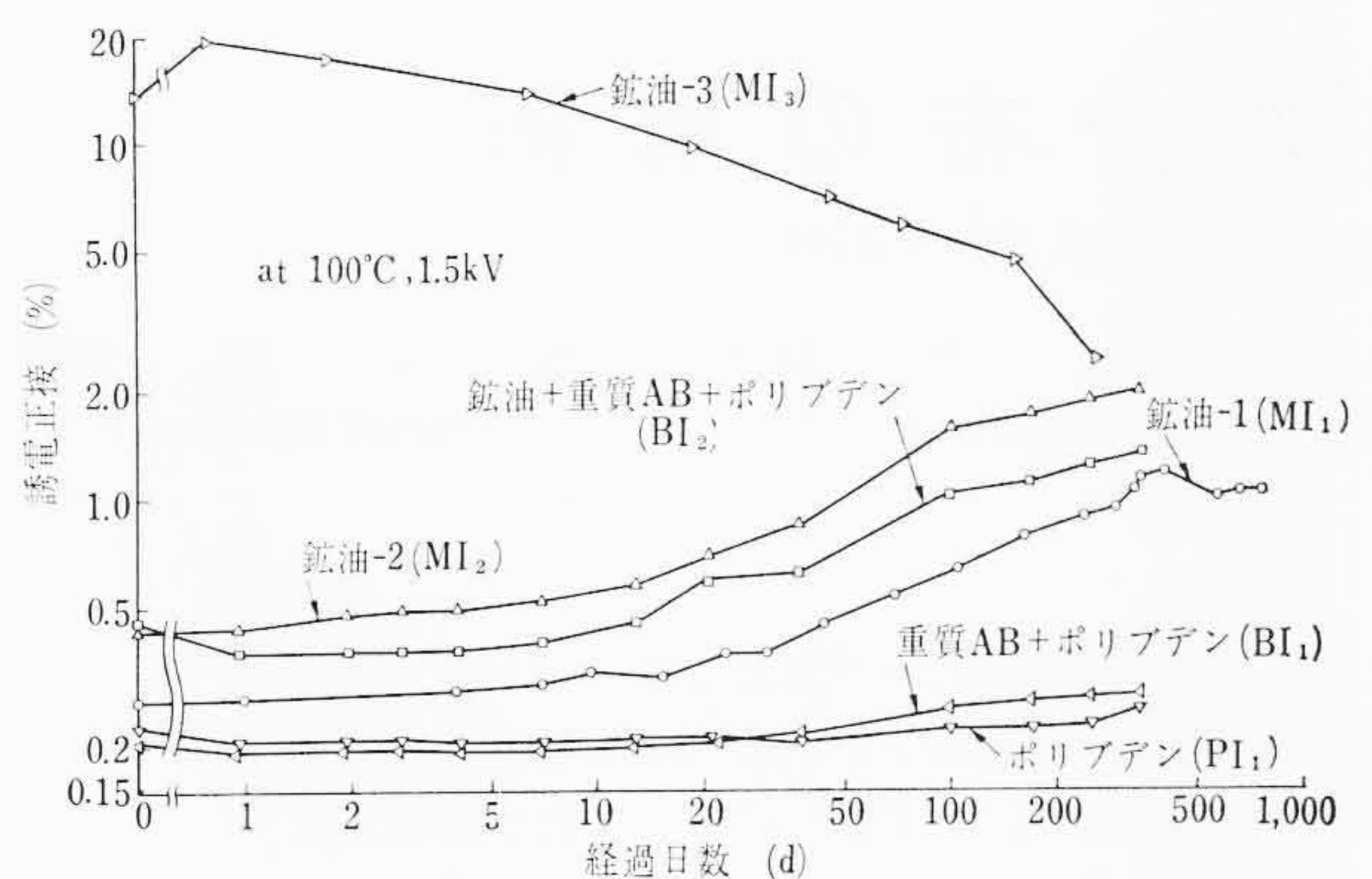
このように耐コロナ性と破壊電界強度に相関性が認められないのは、この耐コロナ性は誘電正接の変化から求めており、課電による劣化が勘案されているためであろう。またこの場合、油浸紙の破壊試験における課電時間は非常に短時間であるが、長期の V-t 特性値と耐コロナ性を比較すれば相関性がでてくるものと考えられる。しかし現実には油浸紙の長期 V-t 特性を測定することは非常に困難であり、約 2 日の試験で長期の絶縁耐力を推定する本方式は実用上有効な試験法と考えられる。

4.4 含浸紙の長期劣化安定性

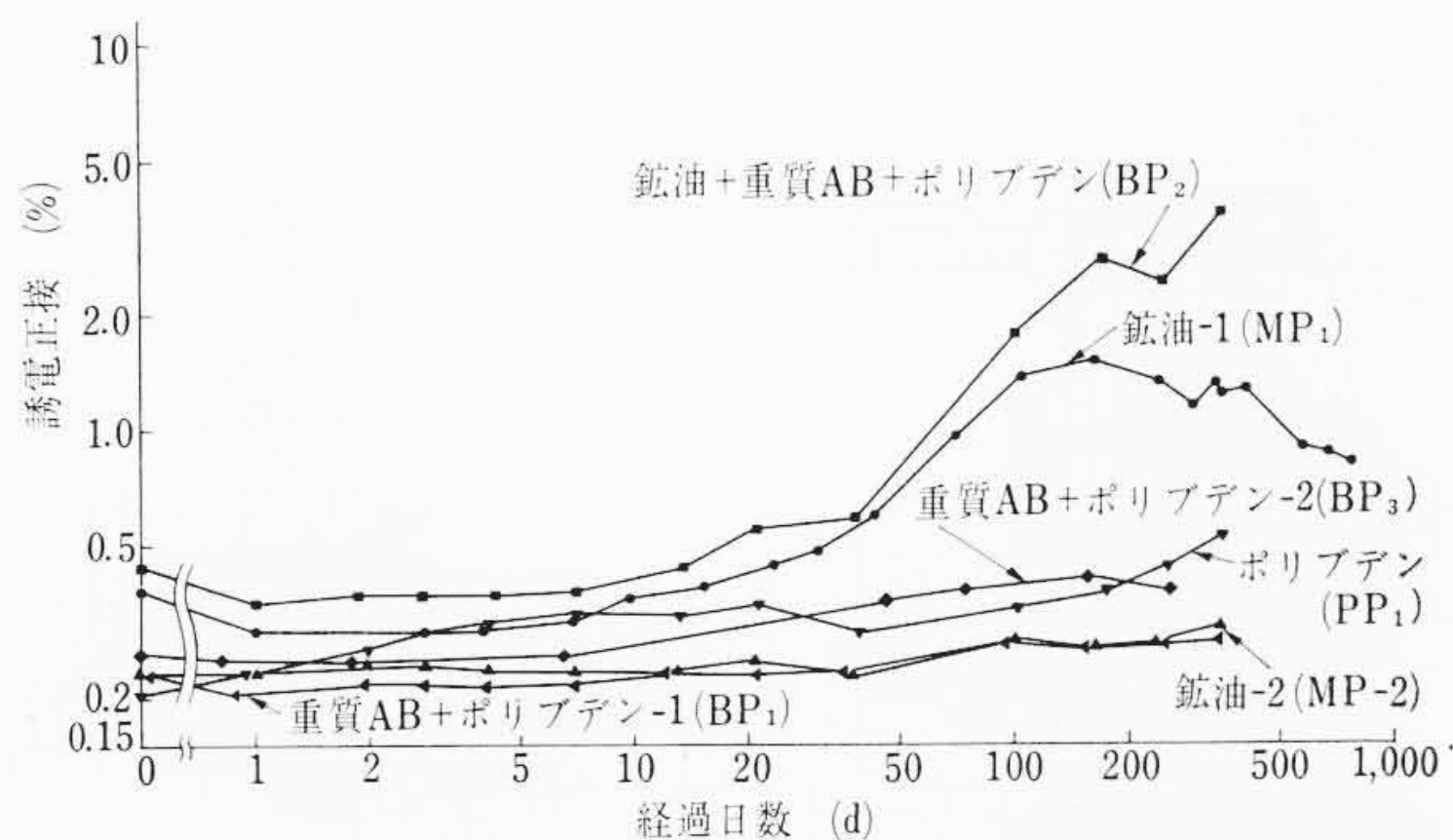
超高压ケーブルでは誘電体損は絶縁耐力とともにその性能を決める重要な因子である。この場合初期の誘電特性はもちろんのこと、使用期間中の誘電特性の劣化を極力押えなければならない。油浸紙の劣化は含浸されている絶縁油の劣化が重要な因子と考えられ、絶縁油の特性により大幅に影響される。このため各絶縁油についてコンデンサエレメントによる長期課電劣化試験を行ってきた⁽⁸⁾。

劣化試験用試料は次の手順により作製した。

まず厚さ 125 μ の低損失紙を 2 枚重ね、電極としては劣化を加速させるため厚さ 20 μ の銅ハクを用いた。これを直径 25 mm のガラス心に巻きつけ、コンデンサエレメントを作製した。できあがった試料はこれをガラス容器に入れ、真空乾燥後、脱気処理した供試油を含浸した。最終的には試料ガラス容器を真空状態で封じ切りにした。完成した試料の静電容量は約 0.015 μF である。初期の誘電正接—温度特性を測定したうえで劣化試験を開始した。劣化条件としては加熱温度 100°C、交流 50 Hz、1,500 V (6.5 kV/mm) 連続課電



(a) 含 浸 油 含 浸 紙



(b) 充 て ん 油 含 浸 紙

図 9 コンデンサエレメントによる各種絶縁油含浸紙の劣化特性

で、適当な時間間隔で誘電特性を測定した。

現在までに得られた劣化試験結果を示したのが図9である。鉱油含浸試料 (MI₁, MI₂, MI₃, MP₁) および鉱油と合成油の混合油の試料 (BI₂, BP₂) はいずれもかなり劣化している。また充てん用低粘度ポリブデン油 (PP₁) も若干劣化している。これに対し含浸用ポリブデン (PI₁) は現在のところ誘電正接の変化はなく安定している。さらに充てん用鉱油-2 (MP₂) は他の鉱油系絶縁油とはかなり異なり、安定した特性を示している。また重質 AB とポリブデンの混合油 (BI₁, BP₁) はいずれも比較的安定した特性を示し、MP₂ と同様誘電正接はほとんど変化していない。

鉱油含浸試料の誘電正接がある時間で最大になり、再び低下するのは残留酸素と電極の銅との触媒作用により生じたイオンが有機酸アルコールに変化するとともに、Cu⁺⁺ イオンがイオン交換したり錯イオンなどになってトラップされてしまうためであろう⁽⁹⁾。

5. 結 果 の 検 討

超高压ケーブルは絶縁耐力とともに誘電特性にすぐれていることが望まれる。図3より明らかなように一般に鉱油系絶縁油は誘電特性が劣り、合成油系絶縁油はすぐれている。OF 用鉱油の誘電特性はすぐれているにもかかわらず高粘度のPIPEケーブル用絶縁油が劣るのは、粘度が高いため油の精製段階で電氣的に有害な不純物が除かれにくいためであろう。特に鉱油中の芳香族成分にはいおう、窒素その他の有害な元素が結合されている機会が多いと考えられる。このため一般に芳香族成分の多い鉱油は誘電特性が悪くなっている。これに対し合成油系である重質 AB 油中の芳香族成分にはそのような不純物が含まれていないため誘電特性がすぐれている。特にポリブデン油は不純物量が少ないため最もすぐれた誘電特性を示している。ポリブデンはその性質上不純物を溶解する能力が少ないため、洗浄が完全に行なわれにくいPIPE充てん油としては好ましいといえよう。

2.3でも述べたように絶縁体中の油は最終的には充てん油で置換

されてしまうと考えられる。絶縁紙は古くから知られているように油中の不純物、残留水分などをよく吸着するので、充てん油も不純物量の少ない合成油系絶縁油が好ましい。しかし芳香族成分を含まないポリブデン油単独では交流破壊電圧が低いので、重質 AB との混合が望ましいであろう。図9より、重質 AB とポリブデンの混合油の長期安定性は非常にすぐれている。

このほか特別な例として充てん用鉱油-2 (MP-2) の劣化安定性は他の鉱油系絶縁油と異なり混合油と同等程度のすぐれた劣化安定性を示した。これは劣化に影響を与えるような有害不純物が効果的に除かれているためであろう。

一方合成油に鉱油を混合した油の誘電特性、長期劣化安定性はその鉱油の影響を大幅にうけてかなり悪くなっている。しかしこの混合割合をさらに検討することにより、誘電特性がすぐれ、しかも安価なものが得られる可能性もあり、今後検討すべき問題点である。

絶縁耐力に関しては図5に示すように、一般にインパルス破壊電圧は粘度とともに増加する傾向にあるので、OF 油より粘度の高いPIPEケーブル油はこの点有利である。これに対し交流破壊電圧は粘度とともに低下する傾向にあり、さらにポリブデン油は交流破壊電圧がほかより5~10%低い値を示している。一方重質 AB とポリブデンの混合油は絶縁耐力の面においてもすぐれている。

なお油浸紙による交流破壊電圧とガス特性、耐コロナ性との相関性についてはさらに多くの問題が残されており、ここで結論を下すことはできない。

図1から明らかなように、充てん油の使用量は含浸油よりはるかに多いので、充てん油の価格によってPOFケーブルの価格は大幅に変化しよう。したがって経済的見地からは鉱油が好ましい。

以上、絶縁耐力、誘電特性、長期劣化安定性など総合的な検討結果から超高压PIPEケーブル用の含浸、充てん油はともに、重質 AB とポリブデンの混合油が最も適していると言えよう。しかし MP-2 は劣化安定性にすぐれ、ほかの特性にも問題はないので、経済性をも考慮した場合には非常にすぐれた充てん用鉱油であると考えられる。

6. 結 言

超高压PIPEケーブル用としての各種含浸油、充てん油を検討した結果、次のことが明らかになった。

- (1) ポリブデンと重質アルキルベンゼンの混合油は誘電特性、長期劣化安定性、絶縁破壊特性のいずれの面にもすぐれている。しかし合成洗剤のソフト化により重質アルキルベンゼンを大量に得ることは困難になるため、実用上問題がある。
- (2) 一般に鉱油系絶縁油は誘電特性、長期劣化安定性が合成油より劣る。
- (3) 特例としてある種の充てん用鉱油 (MP-2) は劣化安定性のほかにおいて混合油と同等程度にすぐれており、しかも安価であることから実用上有望である。

なお重質アルキルベンゼンの供給能力に問題があるので、OF 油とポリブデン混合油についてさらに今後検討したい。

最後に種々ご指導をいただいた日立電線株式会社日高工場研究部の関係者のかたがたに感謝の意を表わす次第である。

参 考 文 献

- (1) 電気学会ニュース：電学誌 87, 1390 (1967-10)
- (2) C. T. Hatcher ほか 2 名：IEEE PAS 85, 353 (Apr. 1966)
- (3) 水上 ほか 4 名：日立評論 48, 1330 (昭 41-11)
- (4) F. H. Gooding, R. R. Beer：IEEE PAS 85, 326 (Apr. 1966)
- (5) 坂本, 吉田：電学誌 75, 504 (昭 30-5)
- (6) 佐藤, 下山田, 安田：日立評論 41, 951 (昭 34-7)
- (7) 依田, 佐藤, 遠藤：放電研究 No. 33 (昭 43-2)
- (8) 遠藤, 岡, 佐藤：電学会東京支大 No. 89 (昭 42-10)
- (9) 遠藤ほか 3 名：日立評論 48, 1335 (昭 41-11)