

電 気 絶 縁 油 の 選 択

高 橋 治 男*

The Selection of Insulating Oils

By Haruo Takahashi D.S.
Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

For the selection of proper transformer oil by the users or for its improvement by the oil refiners, it is essential to grasp the behaviour of the oil in transformer in actual service and its relation to the other properties of the oil.

In spite of the importance these problems carry, common users in this country seem to have been left in lack of the exact knowledge of their nature. The writer, wishing to enlighten the users in these points, has given in these pages a detailed illustration of the insulating oils, referring at the same time to the problems of general interest concerning inflammable insulating oil and the inhibited transformer oil.

〔I〕 緒 言

電気絶縁油として変圧器油、蓄電器油、ケーブル油と種々のものがあるが、単にその製造に当たる石油会社及びこれを電気機器に充填する電機会社に於てその性能、取扱いに注意を要するのみでなく、使用者が常に適切な保守、点検、手入れを必要とするものは変圧器油であり、量的にも最も多く使用される。従つてこゝでは、主たる対象を変圧器油とする。

これに関する知識が正しく広く普及されることが望ましいが、文献は多数あつても、特殊内容或いは宣伝的のものであつたりして総合的公平なものゝ少い憾みがある。従つて、こゝに筆者の研究結果と、諸種文献の取捨選択の結果から、綜說的記述を試みることにした。

〔II〕 絶縁油規格各項目の意味

絶縁油に就いて何を吟味すべきか、吟味する各試験項目の意義如何は、若干の国の絶縁油規格を比較検討することにより、可成りの程度迄明かにすることが出来る。

第1表(次頁参照)に本邦、英、米、独、澳の諸国の絶縁油規格を比較対照した。これでは、主に高圧絶縁油、即ち JIS C 2320 の2号に相当する油に就いての値を問

題とした。この表を参照しつゝ、以下暫く、試験項目各項の意義に就いて解説する。

(1) 比 重

比重は英、米の如く特に規定しない所もあるように、特に問題となることは少い。現在、本邦産絶縁油では概ね D_{4}^{20} が 0.91 以下である。これを特に規定して普通油と寒冷地用油とで比重の上限を変えているのが、旧独逸規格及びオーストリア規格であつて、普通油は比重 0.920 以下、寒冷地用油は 0.895 以下(それぞれ 20°C にて)と規定してある。寒冷地用とは、油が 0°C 以下に冷えるような地方で用うるとの意味であつて、かゝる場合、往々変圧器底に沈降していた水分が氷結し、油の比重が氷より重い場合は氷は浮上し、その途中、油中の電機部分にひつかゝつたり附着して、その部の電氣的性質を低下させることをおそれるものである。然し、余程重い油を使用しない限り、極く低温に於ても、油の比重が氷の比重 (-10°C にて 0.99815) を超えることは無い。

氷にせよ、水にせよ、塵埃その他の異物にせよ、油が軽い方が沈降早く、油の変圧器内の上昇対流に抗しても沈下出来るようになるためには油の軽い程良いといえる。然し、蒸発量、引火点などを考慮に入れて、結局、変圧器油の比重は 20°C で 0.9 前後に決つてしまうと考

* 日立製作所日立研究所 理博

第1表 各国絶縁油規格の比較

Table 1. Comparison of Insulating Oil Standards in Various Countries

項目	規格	JIS C 2320 (1950) (日)	BS 148-1933 (Modified 1951) (英)	VV-O-401, 1942 (米)	VDE 0370/1951 (独)	ÖVE-W 50/1951 (奥)	
比重 (max.)		0.92	—	—	0.900	0.920, 0.895	
凝固点 (max.) °C		-20, -30	0, -10, -30	-40	—	-15, -40	
引火点 (min) °C		130	145	132	145	145	
粘度 (max.)		20°C 120 (R) 50°C 50 (R) 75°C 40 (R)	15.5°C 200 (R)	100°F 65 (S. U.)	-30°C 3,800 cSt 20°C 45 cSt	-30°C 3,800 cSt 0°C 167 cSt 20°C 60.5 cSt	
蒸発量 (max.) %		0.4	1.6	—	—	—	
全酸価 (max.)		0.02	0.2	0.06	0.05	0.05	
反応性	中	性	—	中	性	中	性
腐蝕性	無		無	無			
絶縁破壊電圧 kV (min)		30	30	23	40	125 kV/cm	
安定度		140°C 20 hr	BS法 150°C 45 hr	—	Baader 試験後酸価 0.3	Skala 法 120°C 70 hr	
その他			酸価 4 以下	蒸気抗乳化度 25 以下	硫酸吸収量 8% 以下		

えられる。

(2) 凝固点

凝固点の問題になるのは、当然使用地での気温と関連してのことである。第1表から判るように、本邦及び英国では -30°C 、米独奥等は -40°C が規定である。島国と大陸との気候差であり、本邦でも本州以西では果して -30°C も必要か否かと疑われる。

油が凝結する程の低温となれば、循環冷却作用には、最早、多くを期待する必要はなくなる。然し、油の変圧器外部への流通部分が凝結し、内部の油が密閉状態で使用される形となる場合には、内部油の膨脹収縮に伴い、変圧器体に機械的応力障害の発生が考えられる。

米国に於ては⁽¹⁾、古くは -10°C の凝固点の油が広く使用されて来たが、1925年頃より -40°C の凝固点の規定され、これは北方の寒地に変圧器が使用され始めるに及んで、コンサーベータの事故が増加し、これを防ぐための処置であつた。即ち、この場合、本体とコンサーベータとの連結管が凝固し、本体内部の温度の上昇下降に従い、本体内部は加圧又は減圧状況を呈し、本体タンクに機械的破壊を生ずるおそれがある（実際には、安全弁の破壊が行われるわけであるが、これが単に気温の上下で頻繁に行われることは困るわけである）。更に又、ブホルツリレーの油の凝結が起ることも困る。このリレーは変圧器内に事故が発生すると必ずガスを発生することから考えて、このガスをこのリレーに導き、その油との置換により、フロートが低下し警報へのリレーを動作せしめるものであるが、油が凝結乃至著しく粘度増加しては、当然この作用に障害が起り、万一の事故に対して保証出来ない。

これらの障害が起らぬように凝固点の低い油が採用された。油の凝固点はナフテン系油が優つており、自然にナフテン系油を選択し、遂に変圧器油はナフテン系油で無ければならぬように迄いわれるようになった。然し、パラフィン系油の凝固点が高いのは、含有する蠟分のため、これの除去が容易でないことに基因する。蠟分を適当に除去出来れば、パラフィン系油も凝固点低下し、十分使用に堪え、安定度などむしろ良好の場合もある。

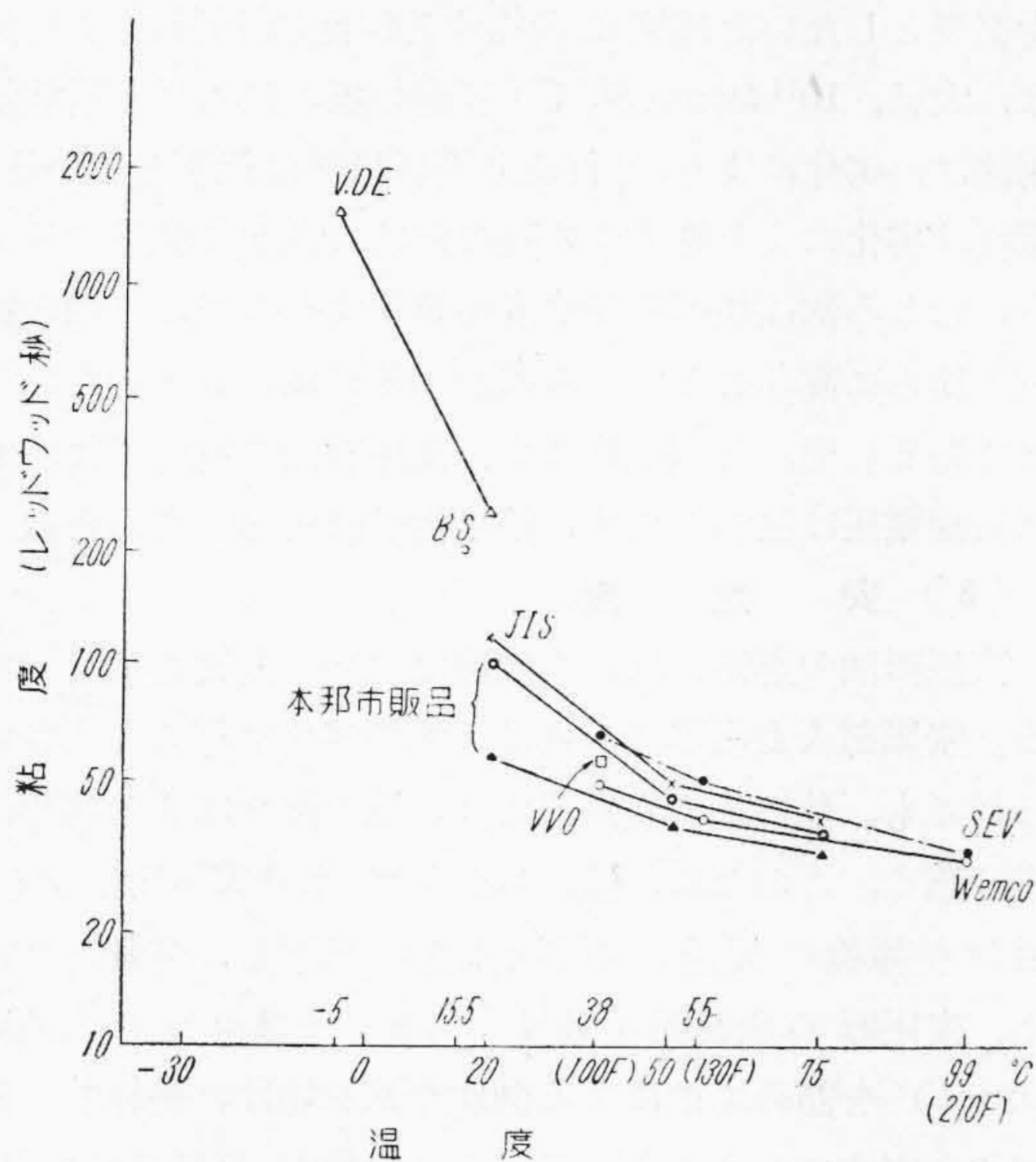
(3) 引火点

加熱して生じた蒸気量が空気と混じて可燃性混合気体を形成するに足るようになる最低温度を引火点と規定する。この場合、当然この蒸気の発生条件、その溜る空間の大きさなどが関係して来るので、一定の試験器を用いて比較され、結局、比較的な値である。

普通、変圧器油の引火点は、ペンスキーマルテンス試験器で、 $130\sim 150^{\circ}\text{C}$ である。実際使用中の変圧器油がかかる温度になることは無く、 90°C 以上になることは無いよう監視される。引火点はかかる温度よりずつと高く、又、仮りに引火点近く迄油温が上つたとしても、火焰が触れねば延焼しない。普通の運転温度では、引火点が多少異なる油が発生する蒸気量の差も亦小さい。かかる理由から、変圧器油の引火点は余り問題にならない。むしろ、後述の蒸発量の方が大切であろう。但し、引火点は品質管理などに使用されるには便利である。

(4) 粘度

第1表の粘度規格値を図上に示すと第1図の如くなる。二三の関連した規格値も併せて図示した。欧州では大体低温での粘度を規定し、本邦及び米国では、高温での粘度を主に規定してある。粘度は、油の循環冷却効果



第1図 各国絶縁油粘度規格比較図
Fig.1. Comparison of Limiting Values for the Viscosity of Insulating Oil in Several Countries

を上げるには低い程良い。粘度の大小は電気伝導度に影響するが、絶縁油としては問題にならぬから、結局、冷却効果を期待する温度範囲での粘度を規定する方がよいと思われる。この温度は変圧器では 60~80°C であろう。だが、変圧器油は遮断器油としても使用され、この場合には低温でも成るべく粘度が低く、遮断操作迅速であり、発生カーボンの沈降急速なことが望まれる。たゞ、本邦では従来、低温にて油の粘度が増加したため、遮断器に支障のあつた例は無いようである。諸種の事情を考慮して、変圧器油の場合、或る一つの温度（例えば 50°C）の粘度で粘度を代表させ、特に三点を測定する必要も無いと思われる。

(5) 蒸 発 量

コンサーベータの無い小型変圧器では、油が蒸発減少することにより危険が生ずる。即ち、油レベルが低下して、冷却管上口端以下に下れば、循環冷却は起らなくなるし、油中切替スイッチ等のある場合は、これが油面上に出て火花のため引火するおそれもある。大型変圧器では、コンサーベータを具えているので、かゝることは無いが、経済的損失を避けるに、蒸発損の少いことが望ましい。

(6) 全 酸 価, 反 応, 腐 蝕 性

良好な新油は、全酸価が小さい。精製度の十分なりや否やを知る一つの目安として、全酸価を見ることが出来る。酸には無機質、有機質の二種の存在が考えられ、両

者を区別して定量する方法も A.S.T.M. などに記載されているが、無機酸の存在するときは必ず腐蝕性を伴うし、反応（アルカリ性か酸性か）も鋭敏であるから、これらの不良の原因を探る場合のみ無機酸、有機酸を区別した酸価定量法が必要となる。

尚、腐蝕性は、遊離硫黄、活性硫黄化合物の存在する場合も現われて来る。

(7) 絶 縁 破 壊 電 圧

各国により試験器に多少宛差があるので、規格値の比較は表の数字そのままでは出来ないが、概ね本邦規格と大差ない値である。近時、本邦では、この値の高いことを競う傾向にあるが、果して著しく高い絶縁破壊電圧を持つものが優秀であるか否かの判断は慎重を要する。例えば、製油所で 60 kV あつた油も、輸送中の吸湿等により、使用者の手に渡つたときは 40 kV 以下となるのが普通で、現在の輸送用容器の構造上、このことは殆ど避けられない。製油所から急速に運搬し、途中及び使用地での湿度が幸運にも低い場合のみしか、50 kV 以上の値を確保するのは困難である。但し、これはタンク車及びドラム罐による輸送の場合で、石油罐入りで蓋を半田付した場合は別である。前者の場合は、現在の如き蓋の締め方では呼吸による吸湿は避けられない。かゝる点に就いては、今後、製油会社に於て、容器の研究を行うことが必要であると共に、使用者も、吸湿が単に輸送途上のみでなく、試験に際し容器より取出す折も、又、使用するため変圧器に注入する際も起りうることを認識して、適切な評価と取扱いを行う必要がある。

然らば、購買規格値としてはどの位の破壊電圧値が良いかというに、結局、現在の JIS 規格値たる 30 kV 以上という値になる。十分精製された良質絶縁油の破壊電圧値は、少量の吸湿程度ならこの規格内であり、塵埃等の不純物の混入したものは、これを下廻る可能性が多い。梅雨期の如く、多湿の季節に於ては、完全に純良な油も 30 kV を割ることがある。これは、製造から試験迄の吸湿、試験に際しての僅かの時間での吸湿が影響するためである。勿論、不純物を含む油での破壊電圧値は更に大きく低下する。

油の不純物で他の規格値の測定時に気付く可能性のある可溶性不純物は別として、破壊電圧値測定に際し、これを低下させたために始めて発見されることが多いのは、固形不純物であり、固形不純物は、繊維、鉄錆、白土粉などの場合が多い。繊維は濾紙の繊維で、フィルタープレスの濾過紙より出るもの、鉄錆はドラム罐底の熔接箇所から出て来るもの、油の触れる前にドラム内部の鉄面に生じた酸化鉄微粒子などで、白土は油精製時、フィルタープレス濾紙の目をくゞつて出て来たものであ

る。時には塵埃なども入る、これは、罐を洗い乾燥するときには圧搾空気乾燥するが、圧搾空気中に塵埃の入りぬよう十分な手配がしておらなかつたための失策であることもある。これらの不純物は、十分目の細かい濾過用布により濾して除くことが出来る。

独逸規格 V.D.E. 0370/1951 では、破壊電圧値は 25 mm 径半球、間隙 2.5 mm で測定し、次の如く規定されている。

30 kV 変圧器迄	>20 kV
110 kV 変圧器迄	>30 kV
110 kV 変圧器以上	>40 kV
乾燥新油	>50 kV

旧独逸規格では、この値は >20 kV であつたが、近年、大容量の移動可能変圧器 (Wander-und Fahrzeugtransformatoren) が発達し、これらに於ては、容積を切りつめるため、油の絶縁破壊電圧に、より多くを期待することゝなつたものである⁽²⁾。勿論、40 kV 以上を要求する場合は、変圧器内部の乾燥と共に、油の乾燥も必要で、これらのことは電機会社の手によつて油充填直前に達成すべきものである。

近時、本邦製油会社の二三の所では、ドラム罐内面を樹脂塗装し、錆、熔接部スラッグの混入を防ぐことを研究しているが、好ましい傾向であり、更に蓋のパッキング等の改良により吸湿のおそれのない物が出来れば最も良いことである。

尚、絶縁破壊電圧と共に、絶縁抵抗を気にする人もあるが、変圧器油の抵抗は蓄電器油の場合の如く高いこと

を必要としない。規格に合格する程度に精製された油は、大抵、 $10^{14} \Omega \text{cm}$ (50°C) 程度の抵抗はあり、現地使用油は、劣化により、これより更に抵抗は低下している。抵抗は劣化により発生する酸のために急激に低下するから、むしろ次に述べる安定度を重視すべきで、新油の抵抗の徒らに高きことをのみ強調するのは、意味のないことである。尚、各国規格にも、変圧器油に就いては、絶縁破壊電圧は強調しても、絶縁抵抗は規定しておらぬ。

(8) 安 定 度

変圧器油の選定には、安定度は極めて重要な項目である。窒素封入変圧器に於ては、油の劣化は極めて小さいけれども、他の型の変圧器では、油の酸化による劣化は避け難く、このため、酸、スラッジ、水分等が発生する。酸は絶縁物に侵透して絶縁抵抗を低下し、多量となれば、変圧器の金属部を侵す。スラッジはコイル内油溝 (duct) を詰めて油による循環冷却を妨げ、絶縁物の熱劣化を来すこともあり、又、それ自体が、低抵抗であり、絶縁破壊され易いので、これの沈積した所は電氣的脆弱点となる。水分は油の絶縁抵抗を低下する。

英国に於ては、往時、スラッジ発生による事故が多く、Michie のスラッジ試験を採用し、スラッジ傾向の少ない油 A 種を規定した (BS 148:1923) が、今度は酸の発生甚しく、変圧器鉄槽の上部が落ちること迄あつた⁽³⁾。従つて、スラッジ傾向を多少緩和した B 種を作り、始めて双方の欠点を免れることが出来た。(BS 規格油 A 種は、スラッジ 0.1% 以下、B 種は 0.8% 以下と規定され、A 種は、Non-sludging Oil として喧伝されたが現在は B

第 2 表 各 国 安 定 度 試 験 法 比 較

Table 2. Comparison of Stability Test Methods in Various Countries

国 名	名 称	反 応 条 件					判 定 規 準	備 考
		型	反 応 ガ ス	触 媒	温 度	時 間		
英	B.S. 148/1933	油中吹込	空 気 2l/hr	銅 板	150°C	45 hr	スラッジ %	
米	A.S.T.M. method A	油上流気	空 気 0.5l/hr	銅 線	120°C	72 168' 336'	スラッジ %	添加剤入油には適用せぬ
米	A.S.T.M. method B	加 圧	酸素 250 P.S.L.	無	140°C	20	スラッジ %	添加剤入油には適用せぬ
スエーデン	S.E.N. 14-01/07 1948		酸 素	銅 - 鉄	100°C	100	スラッジ及酸	10 kV 電圧加圧
ス イ ス	S.E.V. 1241/1936 Brown Boveri		空 気	銅 ビ ー カ ー	110°C	72 168	スラッジ 酸 木 綿 強 度	
仏	Matthis		空 気	無	Variable eg. 170, 200	Variable eg. 5, 10	スラッジ現出迄 の時間	
独	V.D.E. 0370/1936	油中吹込	空 気	無	120°C	70	タ ー ル 油	現 在 改 訂
独	Siemens		酸 素	鉄, モリブデン 酸 化 珪 素	120 or 150	2	酸 素 消 費 量	
露	G.O.S.T.		空 気	銅 - 鉄	140°C	14	スラッジ酸 価 鹼 化 価	
独	V.D.E. 改訂 (Baader 法)		空 気	硝 銅, 子 鉛	95°C	48	透 化 明 価 鹼 化 価	

種の凝固点 -30°C のものに統一される傾向にある。))

油の安定度を適当に規定することは、かくの如くに大切なことであるが、安定度試験に就いては未だ定見がなく、各国それぞれ自国独自のものを採用している。(第2表参照) 本邦の従来法は余りに条件が緩く、且つ不確定のため、目下、改訂案を検討中で、筆者の方法が採用される予定である⁽⁴⁾。

いずれの方法が良いかは、実用試験結果と対比して決定さるべきであるが、Horschの研究結果を見ると⁽⁵⁾、かゝる対比も判然とした結果を出すことは相当難しいことのようにある。米国では、A.S.T.M. 委員会にてこれを実施中の如くである。筆者も目下、日立製作所日立研究所に於て、かゝる試験を行つている。

変圧器油の寿命は、変圧器の型により大いに相違する。同一の負荷状態の場合、スラッジを生じ始める迄の期間は、普通の油を使つた場合、次の如く推定されている。

開放型変圧器	1.5年
コンサベータ型	4~7年
密封型	50年
窒素封入型	67年

スラッジの生じ始める時期は、油と水との界面張力を測定することにより見当つけられるという。即ち、Grell⁽⁶⁾は、124台の変圧器に就き調査し、界面張力が14 dyne/cm 以下のものは必ずスラッジを発生しており、21 dyne/cm 以上のものは発生を認めず、この中間のものは、発生しておる確率ありと称しておる。Walsch⁽⁷⁾の研究によれば、269件を検討した結果、界面張力20 dyne/cm は、凡そ全酸価0.3に相当する。従つて、スラッジの発生なく変圧器を清浄状態に保たんとすれば、酸価0.3を変圧器油手入れの限界値とするのが良いと思われる。現在、多くの所では、0.5を限界値としておる。この値は、活性アルミナ処理などにより再生しようとする場合は、能率よい回復は50%程度迄であるので、これ以上劣化せぬうち、回復処置をしようというので決めた値である。小容量変圧器で僻地にあつて油の手入れしにくい場合は、1.0迄は我慢出来るが、これ以上は、急速に腐蝕が起るからまずいとされている⁽⁸⁾。

安定度試験法の各国法の相関々係に就いては、I.E.C. (International Electrotechnical Commission) にて、国際的な共同研究が行われている。

(9) そ の 他

各国規格に共通には無いけれども、一二の規格に特別にとり上げられている試験項目の若干に就き解説する。

(a) 蒸気抗乳化度

米国連邦規格 VV-O-401, 1942 には、これの規定がある。A.S.T.M. D 157-36 により測定するもので、蒸

気吹込みした場合、水分と油との分離能力を測定するものである。Call⁽⁹⁾によれば、金属石鹼、金属水酸化物等のコロイド状物質の検出に適し、変圧器油の検定に大切であり、スイッチ油としては更に大切であると称するが、A.S.T.M. D 117-47 T の解説にも記されている如く、絶縁油は普通、水や蒸気と混じてエマルジョン化を起すような状態では使われぬので、かゝる試験法採用の可否には議論がある。この測定値が高いことは、油と水の分離の良好を示すもので望ましいところであるが、新油のとき著しく高い値を示しても、吸湿乃至酸素吸収で忽ち低下する傾きがあり、高いもの程良好と断ずる訳には行かない。この値が25以下に低下するのは、酸、エステルなど界面活性物質が油の劣化の結果生じたため、これらの生成度の一応の目安として、この方法を採ることは出来ても、可成り面倒な方法であり、むしろ、界面張力の測定などの別法により目的を果すことが出来る。

(b) 鹼 化 価

酸価が十分小さくても、鹼化価が相当の値を示すこともある。これは、酸がエステル化していることによるもので、油を再生するに、酸を吸着除去したりした場合の再生油に屢々残存する。これは、既に油の劣化物が存在することで望ましくないことであり、この鹼化価の小さいことが望ましい。A.S.T.M. D 117-46 T には、これにより油脂の混在を試すものとしてあるが、かゝるものが新油に混在することは稀であり、もし混在すれば、安定度は著しく劣化すると考えられる。たゞ、この方法の測定誤差は比較的大きく、 ± 0.5 であり、新油などに就いて、この値を規定することに意味ありや否や議論がある。

(c) 耐 コ ロ ナ 性

独逸規格 VDE 0370/1951 には、硫酸吸収量の規定がある。これは、油の耐コロナ法を考慮して決定されたものである。油はコロナにより、脱水素され、重合して蠟状になることがある。油の分子種類に、パラフィン系、ナフテン系、芳香族系とあり、パラフィン系分子は上記の反応をし、芳香族系はこの際発生する水素を吸収する。水素の発生はコロナを益々出易くするので危険であり、芳香族の存在は望ましいことである。殆ど総ての油は、上記三種の分子種の混合から成つているが、芳香族の量には差あり、この量を測るのが硫酸吸収量であり、この値が8%以上なら、コロナ発生に際し、油から水素の放出が無い。最近硫酸吸収量 (SK Zahl) の代りに、フルフロール吸収量 (Furfurol-zahl) を用うる提案もある⁽¹⁰⁾。

耐コロナ性は、蓄電器油、ケーブル油等には特に重視すべきであるが、従来、変圧器油には重視されなかつた。

コロナ発生の無いよう十分に変圧器設計上の余裕があつたわけである。然し、移動型変圧器の如く、空間を大いに切りつめたり、超高圧変圧器の場合には、当然、変圧器油に就いても、この性質の規定が必要となつて来る。

〔III〕 日立特高絶縁油規格

日立製作所に於ては、上述のような各試験項目の意味と、製油会社に於ける技術的可能性を十分検討した末、日立特高絶縁油規格を設け、既に二年余、これに適する油のみを使用している。その規格の詳細を第 3 表に示した。

他に見られぬ試験項目は、初期加熱着色である。これは、変圧器に入れ、使用暫時（試験を行う程度）にて着色の著しい油が往々あり、その原因を探究したところ、活性白土等による精製工程に於て、漏れ出た微量の不安定硫黄化合物などによるらしいことが判り、かゝるものを選別するための試験であり、油を径 18 mm の試験管に油高 80 mm に入れ、触媒を加えず、120°C に 24 hr 加熱後、その着色程度をユニオン比色計で測るものである。色度 1 $\frac{1}{2}$ 以下を合格としているから、勿論、未加熱の新油の色はこれより淡いことを期待している。

安定度試験法は、筆者の考案せるもので、その詳細は既に発表した⁽⁴⁾。この規格に合格した油は、酸価が 0.25 に達する迄の時間が、従来の JIS 油の 3 倍以上となるものと考えられる。結局、始めの良好な性状を永く保持し、手入、再生の手数と経費を減じ、極めて経済的となると考える。

耐コロナ性の規定は未だ入れておらぬが、従来入荷した本邦油は、概ね満足すべき性能をもっている。

〔IV〕 不燃性絶縁油に就いて

米国に於て Askarel として知られている不燃性絶縁油は、本邦では未だ変圧器には多く使用されておらぬ。変圧器油としては、五塩化デフェニルと三塩化ベンゼンの混合物が使用される。これに対する諸性能は、概ね、上述の規格の考え方と同じ考え方で規定されてよい。不安定な塩化物、電弧により生成するガスに就いての試験も必要であり、A.S.T.M. には、D 901-50 T に規定がある。本邦でこの油の使用が普及しないのは、原料が外国に比しても著しく高価であり、特にデフェニルの産出が少く、量的にも間に合わない等の理由による。

尚、この油には、万一電弧により分解発生した塩酸に対する安定剤の添加が考えられ使用されている。

〔V〕 酸化防止剤の使用に就いて

酸化防止剤を添加した、所謂、Inhibited Oil は、米

第 3 表 日立特高絶縁油規格

Table 3. Specifications for the Hitachi High Voltage Insulating-Oil

項番	項 目	試 験 条 件	規 格 値
1	比 重	20°C	0.90 以下
2	粘 度	50°C Redwood	50 以下
3	凝 固 点	JIS C 2101	-30°C 以下
4	引 火 点	JIS C 2101	135°C 以上
5	蒸 発 量	JIS C 2101	0.3% 以下
6	反 応	JIS C 2101	中 性
7	全 酸 価	A.S.T.M. D 94-48T 1/20 N KOH	0.01 以下
8	腐 蝕 性	JIS C 2101	合 格
9	透 明 度	透過光にて肉眼	乳濁、懸濁皆無
10	水 分	カールフイツシャー試 薬にて滴定	0.005% 以下
11	破 壊 電 圧	JIS C 2101	30 kV 以上
12	初期加熱着色	120°C 24 hr	ユニオン 1 $\frac{1}{2}$ 以下
13	安 定 度	日立法 120°C Cu 0.8 m 100 hr	スラツヂ 0.2% 以下 酸価 0.25 以下

国では広く配電用変圧器に使用されている。酸化防止剤としては、殆ど専ら、D. B. P. C. (Di-tertiary-butyl-para-cresol) が使用されているようで、本邦にも、これが種々の商品名で輸入されている。油の酸化防止には、種々の物質が有効であるが、油溶性で非水溶性、酸化生成物が油溶性、低温でも油溶性、電氣的無害などの条件を十分満足するものは少く、今迄、実用化しなかつた。適当な物質が発見されたならば、その使用が次第に普及して行くであろう。タービン油等の場合にも、既に、酸化防止剤が極めて有力であり、その使用が結局経済的であることは実証されている所である。然し、変圧器油の場合には、特殊の問題も存在し、G.E. の Clark も種々の難点を挙げておる。即ち、

- (1) 油の種類により酸化防止剤の効力に差あること
- (2) 電氣的性状
- (3) 遮断器にては発生する炭素粒子を微細化する性質
- (4) 価 格
- (5) 終点の判定
- (6) 再生処理

等の問題であるが、油の種類により、同じ精製度でも酸化防止剤の効力に差があることは確実であり、同一種油でも、精製度の差により効力は著しく変る。多くの場合、多少過度精製の方がよく効くことが認められており、普通の精製度ではかえつて悪い結果となる場合もある。

電氣的性状に就いては、勿論十分に調べ、無害のものを選択すべきである。

遮断器用には、特に油の酸化防止剤を用いる必要はない。変圧器と異り、遮断器の油温は常時は室温であり、従つて劣化も少い。

価格は、本邦では、約10%の高騰が考えられている。然し、寿命の増大は、この点を補つて剩りあると考えられる。

酸化防止剤が使い尽される終点を判定して、適当な手を打つことは、過度精製油を基油にした場合は特に必要で、この場合、酸化防止剤が切れると、急速な劣化が起ると考えられる。これには、安定度試験を定期的に行えば良いが、少量の試油で出来る迅速な試験法の考案が必要である。

油の再生には、活性白土等の吸着剤を使用することが多く、酸化防止剤の存在してなお有効な途上での再生には、吸着による酸化防止剤の損失と、これを補充する場合に、もし異種の酸化防止剤を使用した場合、相合性ありやを Clark は心配しておる。これに対しては、専門的な判断が必要となる。

本邦でも、酸化防止剤入り油の実用試験等を行つておる所も若干あるが、問題は、酸化防止剤が有効か否かでは無く、使い方と保守管理にあるであろう。既に机上試験では、著しく油の寿命を増大することが証明されており、実用試験でも、少くとも三倍の寿命を示しておる⁽¹²⁾。安定度増大の効果は疑いない。

問題は、酸化防止剤の効果は、基油により必ずしも一定しないこと、従つて、その宣伝する如く⁽¹³⁾ 簡単に使用して有効であるか否かにあり、変圧器油の如く、手入、補充等を屢々必要とするものでは、この辺に確実な技術的判断を要すると思う。

何れにせよ、大勢は酸化防止剤入り油を窒素封入及び密封型変圧器以外では使用して行くことゝなる。その方向に進むには、何を研究し準備して行くべきかは、上述の所より自ら明かであり、我々も努力しつゝある所である。

[VI] 結 言

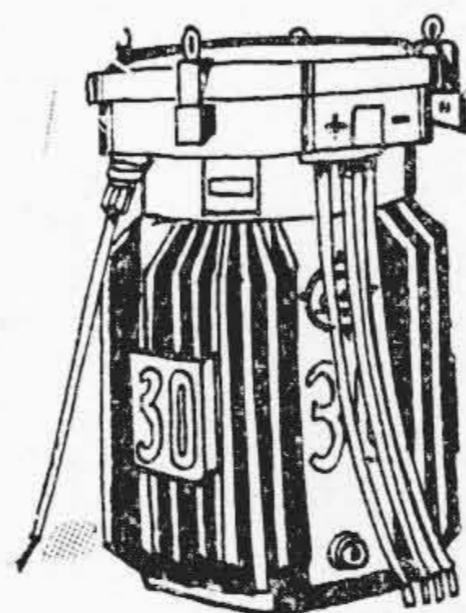
変圧器油に就いては、本邦では長い間、余り注意が払われなかつた。従つて、種々の試験項目に就いても、そ

の意味を知る人は少くなり、無意味な過大な値を要求する傾向すら生じた。かゝることを無くすることが必要である。更に変圧器の進歩に伴い、油の進歩も必要であり、外国では規格の改訂も行われている。例えば V.D.E. の 1951 年の改訂、B.S. の 1951 年の改訂の如くである。本邦の絶縁油の進歩に対し、この解説が多少とも有効ならんことを希う次第である。

終りに、本稿の執筆に対し、御奨励と御助言を賜りたる日立製作所日立研究所副所長三浦博士及び日立製作所日立工場変圧器部長谷崎義一氏に厚く感謝申上げる。

参 考 文 献

- (1) E. D. Treanor, E. L. Raab: A.I.E.E. Tr. 69 (1950) 1060
- (2) L. Maurer: Erdöl u. Kohle 4 (1951) 410
- (3) P.W.L. Gossling, L. H. Welch: J.I.E.E. 99 Part II (1952) 231
- (4) 高橋: 日立評論 34 (1952) 73
Hitachi Review, No. 4 (1953) 53
- (5) W. G. Horsch: El. World (1946) August 3, 54; August 17, 72; August 31, 56.
- (6) G. W. Gerell: A.S.T.M. Bulletin, No. 146 (1947) 92
- (7) E. F. Walsch: A.S.T.M. Bulletin, No. 146 (1947) 95
- (8) L. H. Welch: J.I.E.E. 90 Part II (1942) 29
- (9) R. G. Call: A.S.T.M. Sp. Tech. Pub. No. 95 (1949) 21
- (10) T. Wörner: E.T.Z.-A H. 17 (1953) 513
- (11) F. M. Clark: G. E. Rev. (1948) May 9, June 43
- (12) E. D. Treanor, E. L. Raab: E.E. 70 (1951) Nov.
- (13) R. F. Seubert, B. R. Sarchet: El. World (1950) May



特 許 紹 介

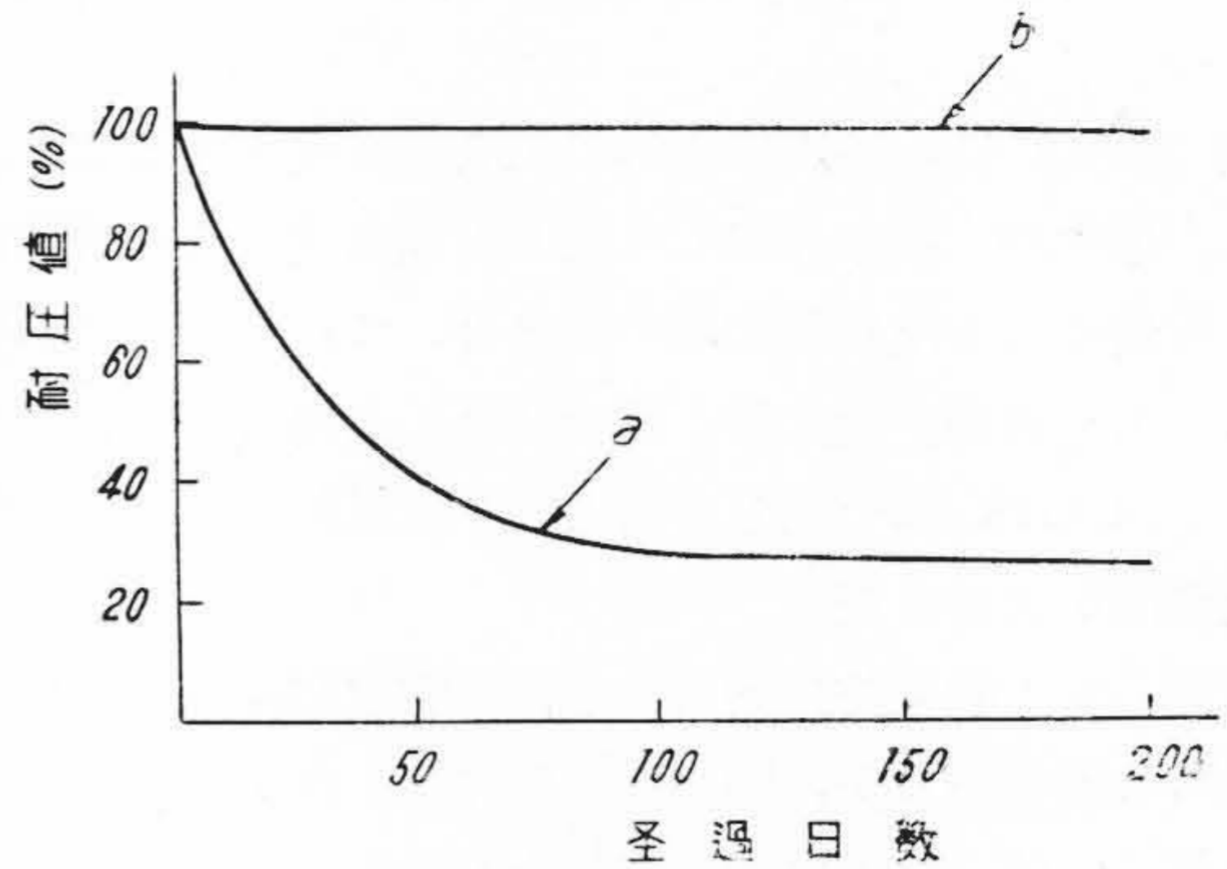
特 許 第 201949 号

島 史 朗 ・ 下 杉 孝 一

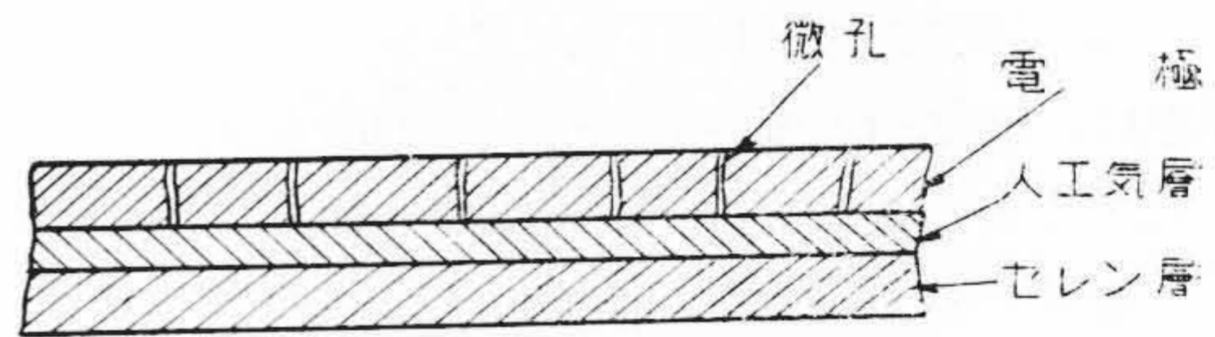
セレン整流器処理方法

一般にセレン整流器は化成終了後の時間的経過に伴ないその逆耐電圧値が第1図a曲線のように次第に低下し甚しい場合には堰層に短絡を起して整流作用を失うことがある。これは外部の湿気が堰層部に侵入して絶縁低下を来たすことが原因と考えられるので、従来電極表面に耐湿塗料を塗装する等の手段を採つたが、それでもなお塗膜のピンホール発生のためか特性劣化を完全に防止するに到らなかつた。この発明はセレン整流器の化成に当り整流器素子を絶縁性液体例えばメチルシリコン油或いは変圧器油中に浸漬するか又は上記の液体を素子表面に塗布して第2図のセレン層上の人工堰層に被着せられた電極に存在する微孔内に導入した状態の下に通電を行ない、化成終了後乾燥により或いは加熱による樹脂の縮合等により微孔内の液体を固化させるものである。この方法によつて堰層部への湿気侵入の経路は全く塞がれたため第1図b曲線に示すように逆耐電圧値は殆ど低下しないようになった。なお最初の逆耐電圧値も従来より約30%程度向上した。

(原 田)



第 1 図



第 2 図

実 用 新 案

実 用 新 案 第 405113 号

小 沼 武 男

電 子 顕 微 鏡 の 電 源 装 置

本案は高圧変成器4及び平滑用蓄電器5を、ケース1内に入れ、蓄電器の端子7に接触すべき放電杆9を支点10を以て回動自在に支持せしめ、この放電杆の一端は扉3に衝合するように配置しこの杆はばね11を以て引張り扉3には扉の閉合時扉によつて押圧せしめられるように変成器一次回路の押圧スイッチ8を対向せしめたものである。従つて扉3を開けると、放電杆9はばね11に引張られて端子7に接触して蓄電器の電荷を放電せしめ、且つ変成器のスイッチ8は開放せしめられるから、扉3を不用意に開いた場合にも蓄電器による電撃の危険を完全に防止できるものである。

(田 中)

