

1 まえがき

電力用変圧器には、絶縁及び冷却媒体として、鉱油系の電気絶縁油(JIS C 2320 1種2号)が広く使用されているが、引火点が148°Cと低いため、ビルとかトンネル内などのように不燃性が要求される場所では、一般にモールド変圧器やSF₆ガス変圧器が使用されている。しかしこれら固体や気体絶縁の変圧器は、冷却特性が鉱油に比較して劣り、寸法、価格の点において不利となる欠点がある。

一方、不燃性液体としては、かつてポリ塩化ビフェニール(PCB)が使用されていたこともあるが、環境汚染の問題が発生したために、現在では使用禁止となっている。

その後PCBに代わるものとして、各種の絶縁液体が発表されているが、いずれも冷却性、燃焼性などの点において一長一短があり、広く採用されるまでには至っていない。そのため新しい絶縁液体開発の必要性が高まっていたが、英国の電力省(the Electricity Council)とISCケミカル社(ISC Chemicals Limited)はこの要請に応え、多年にわたる研究の結果、新しい不燃絶縁液体(商品名Formel NF)の開発に成功した。

日本国内においては、ISCケミカル社との技術提携により、昭和61年よりSUN-OHM FUNENの商品名で製造・販売されるようになった。以下この絶縁液体の基本的な物理・電気特性試験、変圧器構成材料との適合性試験、液中におけるアーク試験及び実変圧器による温度試験の結果を紹介する。

2 Formel NFの一般特性

Formel NFは表1の組成を有している。

表1/Formel NFの組成

Tab. 1/Composition of Formel NF

名称	化学式	重量混合比(%)
4塩化エチレン (パークレン)	CCl ₂ =CCl ₂	65
フロン112	CCl ₂ F-CCl ₂ F	30
フロン113	CClF ₂ -CCl ₂ F	5

この内4塩化エチレン(パークレン)はドライクリーニ

ング用洗剤として広く使用されており、またフロン112は溶剤として、フロン113は溶剤並びに冷却機用媒体として使用されていて、いずれも実績のある物質ばかりである。

次に、Formel NFの物理特性を通常の電気絶縁油と比較して示すと表2のようになる。

表2/Formel NF、電気絶縁油の物理特性

Tab. 2/Physical characteristics of Formel NF and insulating oil

項目	Formel NF	電気絶縁油
比重	15/4°C 1.642	0.880
粘度 cSt	0°C 0.7125	42.0
	-15°C 0.8792	124.5
流動点 °C	-35.0	-35.0
引火点 °C	—	148
沸点 °C	—	280~450
パークレン	121	—
フロン112	92.8	—
フロン113	47.6	—
比誘電率	25°C 2.09	2.26
絶縁破壊電圧 kV	75	75
誘電正接 %	25°C 0.003	0.001

表2からわかるように、Formel NFは、

- (1) 比重が大きく、かつ粘度が小さいために対流性が良く、したがって冷却特性が優れている。
- (2) 完全不燃性である。
- (3) 沸点が低いため蒸気圧が高くなり、変圧器を密封形とする必要がある。
- (4) 比誘電率は約10%低いため、絶縁紙との分担電圧が改善される。
- (5) 絶縁破壊電圧は同等である。

Formel NFはこのような優れた特性を持っているが、一方変圧器中においてアークが発生した場合には、液中に酸素と水分が存在すると、塩化カルボニル(COCl₂)、塩素(Cl₂)、塩化水素(HCl)等の分解ガスが発生する。しかしこれらは3種の液体の混合比を選ぶことによって、最小限に抑えられて、その濃度は緊急曝露限界より十分小さい値となっている。また環境汚染性については特に検討が加えられており、素材の永年の使用実績とあいまって全く問題ないものとされている。

これらの結果を踏まえ英国においては、この不燃液体を使用した変圧器がすでに運転されていると報告されている。

3 物理・電気特性

物理特性として、比重-温度特性、動粘度-温度特性及び蒸気圧-温度特性を、それぞれ図1～図3に示す。また電気特性として、 $\phi 12.5$ 球ギャップと $\phi 25$ 平板ギャップにおける交流破壊電圧特性、針-平板電極における部分放電開始電圧及び交流破壊電圧の温度特性をそれぞれ図4～図6に示す。

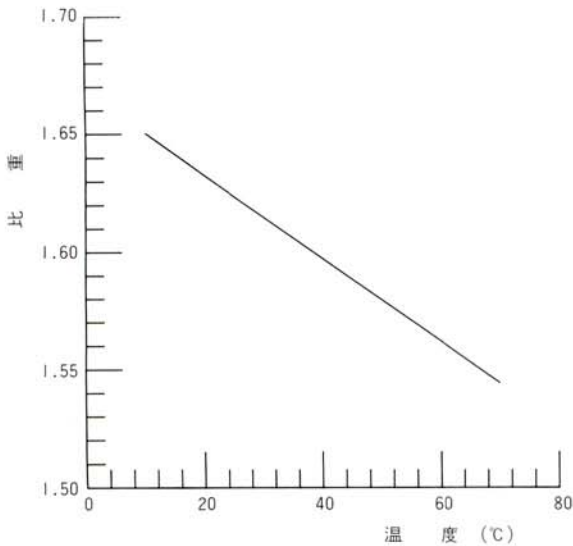


図1 / 比重-温度特性

Fig. 1/Specific gravity-temperature characteristics

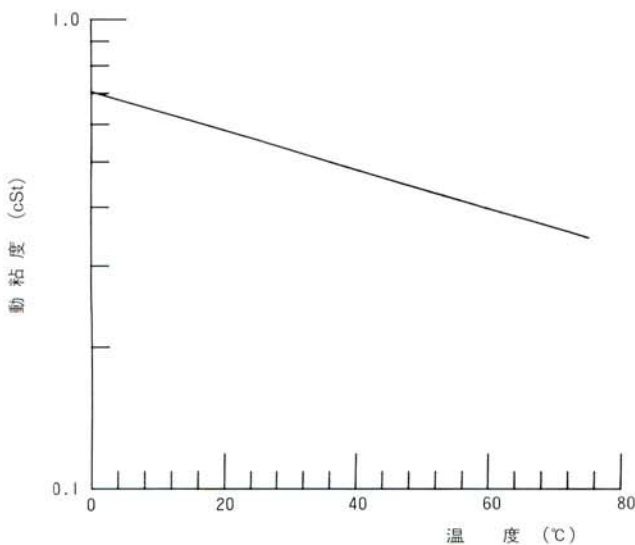


図2 / 動粘度-温度特性

Fig. 2/Kinematic viscosity-temperature characteristics

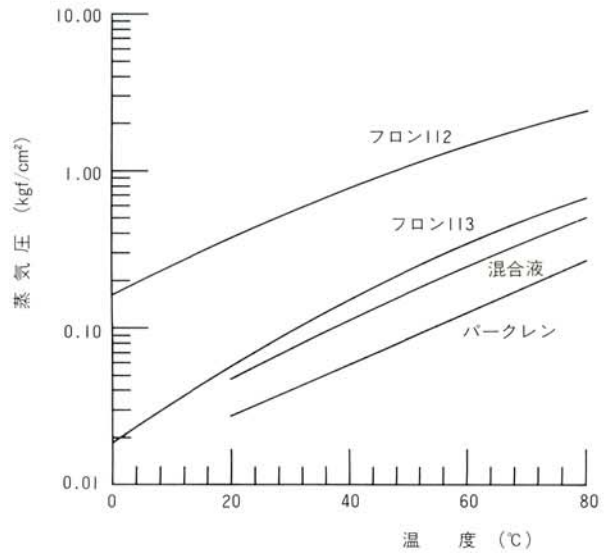


図3 / 蒸気圧-温度特性

Fig. 3/Vapor pressure-temperature characteristics

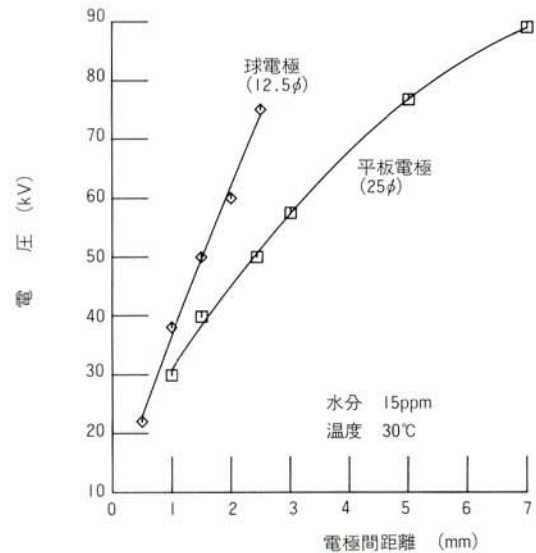


図4 / 交流破壊電圧特性

Fig. 4/AC Breakdown voltage

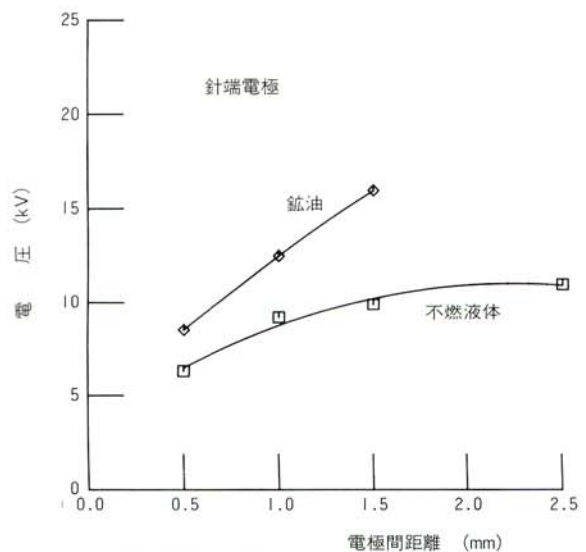


図5 / 部分放電開始電圧

Fig. 5/Partial discharge inception voltage

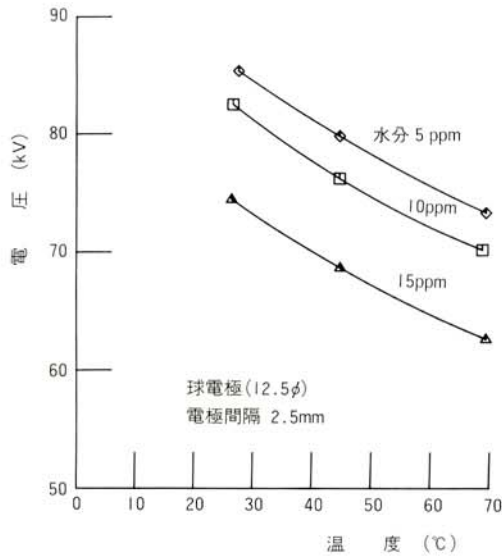


図6 / 交流破壊電圧の温度特性
Fig. 6 / Temperature characteristics of AC breakdown voltage

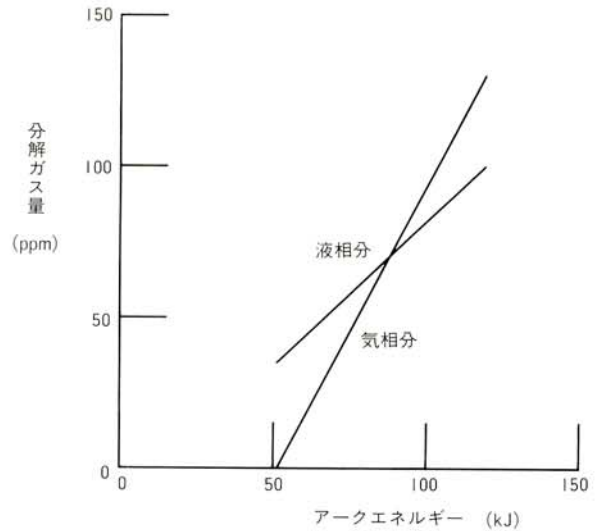


図7 / アークエネルギーと分解ガス量
Fig. 7 / Arc energy and decomposed gas

4 変圧器構成材料との適合性試験

SUN-OHM FUNENの変圧器構成材料との適合性を見るため、各種材料を110°Cの液体800cc中に8日間浸漬後、液体の特性測定及びガス分析を行った。また絶縁紙及び接着剤については、加熱減量も測定した。主な試験結果を表3に示す。

表3 / 変圧器構成材料との適合性
Tab. 3 / Adaptability of materials

試験項目	紙巻銅線	けい素鋼板	TB4	PB2	ガラステープ	ポリエステルテープ	カゼイン	ビニール系
破壊電圧 kV	74	65	61	63	55	71	61	58
誘電正接 %	0.046	0.024	0.037	0.027	0.083	9.6	0.039	0.081
ガス分析	Cl ₂ ppm	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
	Cl ⁻ ppm	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
	F ⁻ ppm	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25
加熱減量 %	-	-	+0.45	-0.1	-	-	0.0	-9.4
評価	○	○	○	○	○	×	○	×

この結果から、紙巻銅線、けい素鋼板、絶縁紙等は問題ないが、ポリエステルテープ、カゼイン以外の接着剤等に使用できない材料があるので、設計上留意する必要があることがわかる。

5 アーク試験

アークによる分解ガス量を求めるため、容器 (220ℓ) 中に不燃液体 (170ℓ) を注入し、400mmHgまで減圧の上、上部に窒素ガスを封入して、電流2000Aの液中アークを0.5秒間通電後、分解ガス量を測定した。その結果を図7に示す。

アーク試験の結果、発生ガス量は十分安全基準値内にある。

6 2000kVA変圧器

SUN-OHM FUNENの冷却特性を検証するため、表4に示す変圧器の試作を行った。

表4 / 変圧器仕様
Tab. 4 / Specification of transformer

形式	不燃液体入自冷式
相数	3
周波数 Hz	60
定格容量 kVA	2000
定格電圧 V	1次 77000 2次 6900
絶縁階級号	1次 70 2次 6A
絶縁種類	A種
騒音ホン	55

またこの変圧器の重量、寸法及び損失を通常の油入変圧器と比較して示すと、表5のようになる。

表5 / 重量、寸法及び損失
Tab. 5 / Weight, dimension and loss

項目	不燃液体変圧器	油入変圧器
総重量 kg	11800	12100
液量 ℓ	3150	4600
外形寸法	幅 mm	3200
	奥行 mm	2460
	高さ mm	2950
損失 W	21100	24400

温度試験は等価負荷法にて行い、液体最高温度上昇及び巻線上・中・下部近傍の液体温度上昇を測定した。その結果を図8に示す。

図8からわかるように、巻線上下部近傍における液体の温度差は約5°Cである。これは油入変圧器における値10~15°Cに比べると非常に小さく、冷却特性の優れていることがわかる。

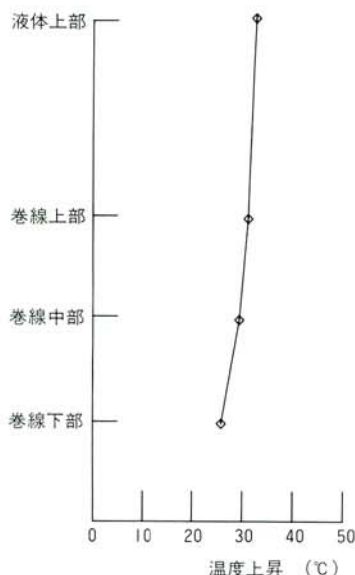


図8 / 液体温度上昇
Fig. 8/Temperature rise of fluid

7 あとがき

新しい不燃絶縁液体の概要を説明した。この液体を使用した変圧器は、英国においてはすでに実用化されており、不燃性及び冷却性の優れていることは実証済であるが、国内での使用実績は今のところ皆無であるため、今後分解ガスの問題、環境性の問題等について十分な調査、検討を行い、早い時期での実用化が望まれるところである。

最後に SUN-OHM FUNEN に関する資料の提供を頂いた、(株)関西テック殿に対し深く感謝の意を表する。

参考文献

- | | |
|------------------|------------|
| (1) 公開特許公報 | 昭59-20909 |
| (2) 電気学会静止器研究会資料 | SA-85-69 |
| (3) 電気学会全国大会 | 昭61 No.716 |
| (4) 電気学会東海支部大会 | 昭61 No.120 |
| (5) 電気学会東海支部大会 | 昭61 No.121 |
| (6) 電気学会東海支部大会 | 昭61 No.122 |

昭和61年度下期に公開された愛知出願 (I)

特許

公開番号	名 称	発 明 者	共同出願人
61-158535	局部洗浄装置付便器の誤操作防止装置	横山 武弘 立松 聡 川地 孝 高島 修	東陶機器(株)
61-159716	リアクトル鉄心の積層方法及び同積層装置	奥村 顕治	
61-161919	配電線の過電流表示装置	沢田 明男	
61-164990	電気缶切機	山本 修	
61-174934	回転ドラムの挟持・起倒装置	伊藤 利行	愛知電機商事(株)
61-209363	漏電表示装置	沢田 明男	中部電力(株)
61-210200	変圧器ケースの塗装方法及び塗装装置	奥村 顕治	

公開番号	名 称	発 明 者	共同出願人
61-274307	変圧器巻鉄心の巻回方法及び同装置	奥村 顕治 廻間 正樹	
61-274755	被塗装物の塗装方法及び塗装装置	奥村 顕治 三谷 健治	
61-277344	整流子清掃装置	渡辺昭一郎 沢田 明男	中部電力(株)
61-277345	整流子清掃装置の制御装置	渡辺昭一郎 沢田 明男	中部電力(株)
61-278116	巻鉄心の焼鈍方法及び焼鈍装置	矢後 克二	
61-278117	巻鉄心の製造方法	廻間 正樹 磯部 治男	
61-295322	巻鉄心の焼鈍装置	廻間 正樹	