

信越シリコーン

シリコーンオイル

KF-96

性能試験結果

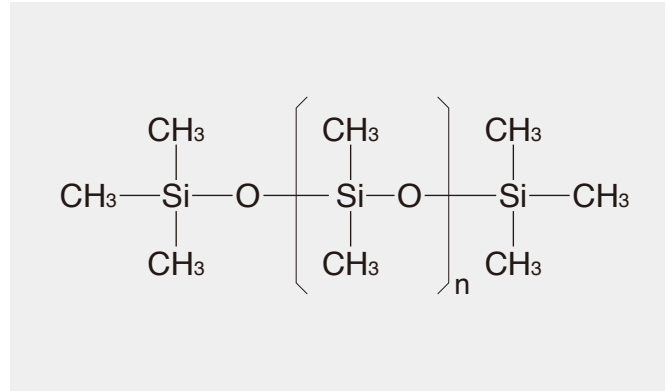
目次

| | | | |
|---------------------|----|-----------------------|----|
| 1 構造 | 2 | 18 せん断に対する抵抗性 | 20 |
| 2 特長 | 3 | 19 電気特性 | 21 |
| 3 一般特性 | 2 | 20 化学的安定性 | 23 |
| 4 粘度 | 4 | 21 腐食性 | 24 |
| 5 比重 | 12 | 22 溶解性 | 25 |
| 6 比熱 | 14 | 23 離型性、非粘着性 | 26 |
| 7 熱伝導率 | 14 | 24 はっ水性 | 26 |
| 8 屈折率 | 14 | 25 放射線による影響 | 27 |
| 9 揮発性 | 14 | 26 ガス溶解性 | 28 |
| 10 引火点、自然発火点 | 14 | 27 生理作用 | 29 |
| 11 蒸気圧 | 15 | 28 除去方法 | 31 |
| 12 熱酸化安定性 | 16 | 29 着色方法 | 31 |
| 13 耐寒性 | 17 | 30 焼き付け方法 | 32 |
| 14 表面張力 | 17 | 31 吸湿量、脱水処理法 | 33 |
| 15 潤滑性 | 18 | 32 取り扱い上の注意事項 | 35 |
| 16 音速 | 19 | 33 消防法による危険物分類 | 35 |
| 17 圧力による影響 | 19 | | |

1. 構造

KF-96は、ジメチルポリシロキサン構造を持ったシリコンオイルで、天然には全く存在しない合成オイルです。右図に示すように、熱に強いガラスや石英と同じ無機質のシロキサン結合 (Si-O-Si) と有機質のメチル基とからなり、一般の鉱油や合成油に比べて、数多くの特異な性質を持っています。粘度は、水のようにさらさらしたものから、水飴状のものまで各種そろっています。

■ KF-96(ジメチルポリシロキサンの構造)



3. 一般特性

| 製品名 | 動粘度 25°C mm ² /s | 比重 25°C | 揮発分 150°C×24h % | 粘度温度係数 V.T.C | 屈折率 25°C | 流動点 °C | 引火点 °C |
|-----------------|-----------------------------------|------------|-----------------------|-----------------|-------------|-----------|-----------|
| KF-96L-0.65cs | 0.65 | 0.760 | B.P100°C | 0.31 | 1.375 | -75以下 | -1 |
| KF-96L-1cs | 1.0 | 0.818 | B.P153°C | 0.37 | 1.382 | -100以下 | 37 |
| KF-96L-1.5cs | 1.5 | 0.852 | B.P194°C | 0.46 | 1.387 | -90以下 | 64 |
| KF-96L-2cs | 2.0 | 0.873 | B.P229°C | 0.48 | 1.391 | -120以下 | 88 |
| KF-96L-5cs | 5.0 | 0.915 | 40以下(105°C×3h) | 0.54 | 1.396 | -110以下 | 102 |
| KF-96A-6cs | 6.0 | 0.925 | 5.0以下(105°C×3h) | 0.54 | 1.397 | -100以下 | 174 |
| KF-96-10cs | 10 | 0.935 | 40以下 | 0.55 | 1.399 | -100以下 | 160以上 |
| KF-96-20cs | 20 | 0.950 | 4.0以下 | 0.57 | 1.400 | -60以下 | 260以上 |
| KF-96-30cs | 30 | 0.955 | 1.5以下 | 0.58 | 1.401 | -55以下 | 280以上 |
| KF-96-50cs | 50 | 0.960 | 0.5以下 | 0.59 | 1.402 | -50以下 | 310以上 |
| KF-96-100cs | 100 | 0.965 | 0.5以下 | 0.59 | 1.403 | -50以下 | 315以上 |
| KF-96-200cs | 200 | 0.970 | 0.5以下 | 0.60 | 1.403 | -50以下 | 315以上 |
| KF-96-300cs | 300 | 0.970 | 0.5以下 | 0.60 | 1.403 | -50以下 | 315以上 |
| KF-96-350cs | 350 | 0.970 | 0.5以下 | 0.60 | 1.403 | -50以下 | 315以上 |
| KF-96-500cs | 500 | 0.970 | 0.5以下 | 0.60 | 1.403 | -50以下 | 315以上 |
| KF-96-1,000cs | 1,000 | 0.970 | 0.5以下 | 0.60 | 1.403 | -50以下 | 315以上 |
| KF-96-3,000cs | 3,000 | 0.970 | 0.5以下 | 0.60 | 1.403 | -50以下 | 315以上 |
| KF-96-5,000cs | 5,000 | 0.975 | 0.5以下 | 0.60 | 1.403 | -50以下 | 315以上 |
| KF-96H-6,000cs | 6,000 | 0.975 | 0.5以下 | 0.61 | 1.403 | -50以下 | 315以上 |
| KF-96H-1万cs | 10,000 | 0.975 | 0.5以下 | 0.61 | 1.403 | -50以下 | 315以上 |
| KF-96H-12,500cs | 12,500 | 0.975 | 0.5以下 | 0.61 | 1.403 | -50以下 | 315以上 |
| KF-96H-3万cs | 30,000 | 0.976 | 0.5以下 | 0.61 | 1.403 | -50以下 | 315以上 |
| KF-96H-5万cs | 50,000 | 0.976 | 0.5以下 | 0.61 | 1.403 | -50以下 | 315以上 |
| KF-96H-6万cs | 60,000 | 0.976 | 0.5以下 | 0.61 | 1.403 | -50以下 | 315以上 |
| KF-96H-10万cs | 100,000 | 0.977 | 1.5以下 | 0.61 | 1.403 | -50以下 | 315以上 |
| KF-96H-30万cs | 300,000 | 0.977 | 1.5以下 | 0.61 | 1.403 | -50以下 | 315以上 |
| KF-96H-50万cs | 500,000 | 0.978 | 1.5以下 | 0.61 | 1.403 | -50以下 | 315以上 |
| KF-96H-100万cs | 1,000,000 | 0.978 | 1.5以下 | 0.61 | 1.403 | -50以下 | 315以上 |

※ 電気特性は水分50ppm以下の時の値です。製品名のハイフン(-)のあとの数字は粘度を表します。
 旧JIS単位との換算式 粘度:1mm²/s=1cst, 表面張力:1mNm=1dyne/cm, 体積抵抗率:1TΩm=1×10¹⁴Ω·cm

2. 特長

KF-96は、一般的に下記の特長があります。

- 無色透明である
- 粘度別に多品種ある
- 温度による粘度変化が小さい
- 蒸気圧が低い
- 引火点が高い
- 熱酸化安定性に優れている
- 凝固点が高い
- 表面張力が小さい
- 独特の潤滑性をもっている
- 圧縮率が高い
- せん断に対する抵抗が大きい
- 電気絶縁性に優れている
- 化学的安定性に優れている
- 腐食性がない
- 他の物質に溶解しにくい
- はっ水性がある
- 離型性がある
- 消泡性がある
- 光沢が良い
- 温度による容積変化が大きい
- 生理的に不活性である

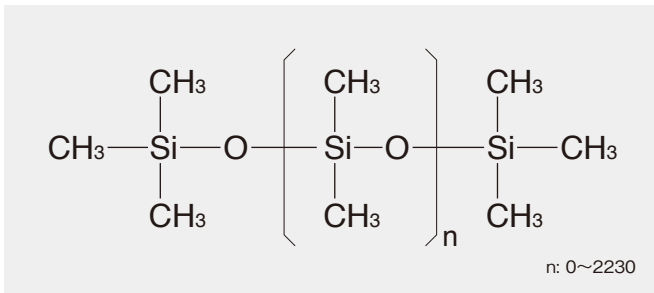
| | 比熱 25°C J/g・°C | 熱伝導率 25°C W/m・°C | 表面張力 25°C mN/m | 膨張率 25~150°C cc/cc/°C | 体積抵抗率※ TΩ・m | 絶縁破壊の強さ※ 2.5mm kV | 誘電率※ 50Hz | 誘電正接※ tan δ 50Hz |
|--|----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------|-------------------------|--------------|------------------------|
| | 2.0 | 0.10 | 15.9 | 0.00135 | 1以上 | 35.0以上 | 2.17 | 0.0001以下 |
| | 2.0 | 0.10 | 16.9 | 0.00129 | 1以上 | 35.0以上 | 2.28 | 0.0001以下 |
| | 2.0 | 0.10 | 17.7 | 0.00127 | 1以上 | 35.0以上 | 2.38 | 0.0001以下 |
| | 1.8 | 0.11 | 18.3 | 0.00124 | 1以上 | 35.0以上 | 2.42 | 0.0001以下 |
| | 1.8 | 0.12 | 19.7 | 0.00109 | 1以上 | 35.0以上 | 2.60 | 0.0001以下 |
| | 1.8 | 0.12 | 19.8 | 0.00109 | — | — | — | — |
| | 1.7 | 0.14 | 20.1 | 0.00106 | 1以上 | 50.0以上 | 2.65 | 0.0001以下 |
| | 1.6 | 0.15 | 20.6 | 0.00104 | 1以上 | 50.0以上 | 2.70 | 0.0001以下 |
| | 1.6 | 0.15 | 20.7 | 0.00099 | 1以上 | 50.0以上 | 2.71 | 0.0001以下 |
| | 1.5 | 0.15 | 20.8 | 0.00096 | 1以上 | 50.0以上 | 2.72 | 0.0001以下 |
| | 1.5 | 0.16 | 20.9 | 0.00095 | 1以上 | 50.0以上 | 2.74 | 0.0001以下 |
| | 1.5 | 0.16 | 21.1 | 0.00095 | 1以上 | 50.0以上 | 2.74 | 0.0001以下 |
| | 1.5 | 0.16 | 21.1 | 0.00095 | 1以上 | 50.0以上 | 2.75 | 0.0001以下 |
| | 1.5 | 0.16 | 21.1 | 0.00095 | 1以上 | 50.0以上 | 2.76 | 0.0001以下 |
| | 1.5 | 0.16 | 21.1 | 0.00095 | 1以上 | 50.0以上 | 2.76 | 0.0001以下 |
| | 1.5 | 0.16 | 21.2 | 0.00094 | 1以上 | 50.0以上 | 2.76 | 0.0001以下 |
| | 1.5 | 0.16 | 21.3 | 0.00094 | 1以上 | 50.0以上 | 2.76 | 0.0001以下 |
| | 1.5 | 0.16 | 21.3 | 0.00094 | 1以上 | 50.0以上 | 2.76 | 0.0001以下 |
| | 1.5 | 0.16 | 21.3 | 0.00094 | 1以上 | 50.0以上 | 2.76 | 0.0001以下 |
| | 1.5 | 0.16 | 21.3 | 0.00094 | 1以上 | 50.0以上 | 2.76 | 0.0001以下 |
| | 1.5 | 0.16 | 21.3 | 0.00094 | 1以上 | 50.0以上 | 2.76 | 0.0001以下 |
| | 1.5 | 0.16 | 21.3 | 0.00094 | 1以上 | 50.0以上 | 2.76 | 0.0001以下 |
| | 1.5 | 0.16 | 21.3 | 0.00094 | 1以上 | 50.0以上 | 2.76 | 0.0001以下 |
| | 1.5 | 0.16 | 21.3 | 0.00094 | 1以上 | 50.0以上 | 2.76 | 0.0001以下 |
| | 1.5 | 0.16 | 21.3 | 0.00094 | 1以上 | 50.0以上 | 2.76 | 0.0001以下 |
| | 1.5 | 0.16 | 21.3 | 0.00094 | — | — | — | — |
| | 1.5 | 0.16 | 21.3 | 0.00094 | — | — | — | — |
| | 1.5 | 0.16 | 21.3 | 0.00094 | — | — | — | — |

(規格値ではありません)

4. 粘度

1. 粘度と分子量の関係

KF-96は線状ジメチルポリシロキサンで、末端にトリメチルシリル基を持ち、その化学構造は下図の通りです。〔 〕内は重合体の基本単位で、nはその数を示しています。KF-96の粘度は0.65mm²/s(n=0)から100万mm²/s(n=2230)まで各種そろっています。



ジメチルポリシロキサンの粘度と分子量の関係は、次の式で計算できます。

● Warrickの式※1

$$\log \eta^{P/40^\circ\text{C}} = 1.43 \log M - 5.54$$

ただし、分子量Mは40,000以下、 $\eta^{P/40^\circ\text{C}}$ は40℃における粘度(P=0.1×Pa·s)

● A. J. Barryの式※2

$$\log \eta_{cs/25^\circ\text{C}} = 1.00 + 0.0123M^{0.5}$$

ただし、分子量Mは2,500以上、 $\eta_{cs/25^\circ\text{C}}$ は25℃における動粘度(cs=mm²/s)

● A. Kolorlov等の式※3

$$[\eta]_{25^\circ\text{C}} = 2.15 \times 10^{-4} M^{0.65}$$

ただし、14,000,000 > M > 2,100 〔 η 〕は固有粘度を示します。

図-1にKF-96の粘度と分子量の関係を示します。計算には、100mm²/s以上はBarryの式、100mm²/s未満はWarrickの式を使用しました。また、重合度Pはジメチルポリシロキサンの基本単位の分子量が74ですから、次のように表すことができます。

$$P = M / 74$$

【参考文献】

- ※1 J. Amer. Chem. Soc. 77. 5017[1955]
- ※2 J. Appl. Physics. 17.1020[1946]
- ※3 Doklady Akad. Nauk. U.S.S.R. 89 65 [1953]
- ※4 中牟田、日化、77 588[1956]

2. ジメチルポリシロキサンの希薄溶液粘度から

オイルの粘度を求める方法

この方法は、サンプルの量が非常に少なくてもオイルの粘度を知ることができるので便利です。まず、1g/100mL濃度のジメチルポリシロキサンのトルエン溶液を調整し、比粘度 $\eta_{sp}(25^\circ\text{C})$ を求めます。

$$\eta_{sp} = (\eta/\eta_0) - 1 \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 η_0 :トルエンの粘度 η :溶液の粘度

次に、 η_{sp} をHugginsの関係式に代入して、固有粘度〔 η 〕を求めます。

$$\eta_{sp} = [\eta] + K'[\eta]^2 \dots\dots\dots (2)$$

ただし、K': Hugginsの定数 $K' = 0.3([\eta] = 1 \sim 3 \text{の時適応})$ ※4

次に、〔 η 〕を前記のA.Kolorlov等の式に代入し、分子量Mを求めます。

$$[\eta] = 2.15 \times 10^{-4} M^{0.65} \dots\dots\dots (3)$$

最後に、MをA.J.Barryの式に代入して、オイル粘度を求めます。

$$\log \eta = 1.00 + 0.0123M^{0.5} \dots\dots\dots (4)$$

図-2は上記関係式から求めたKF-96の比粘度と真の粘度の関係です。

図-2 比粘度と動粘度の関係

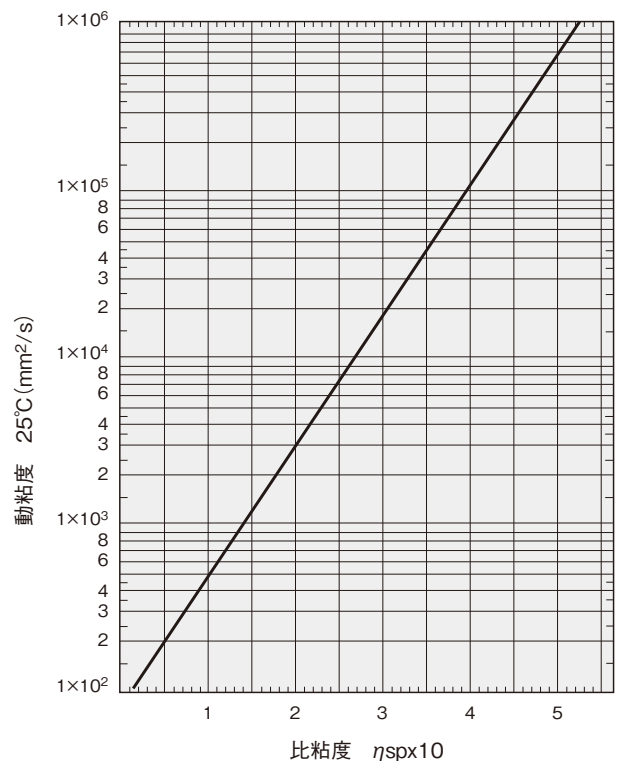
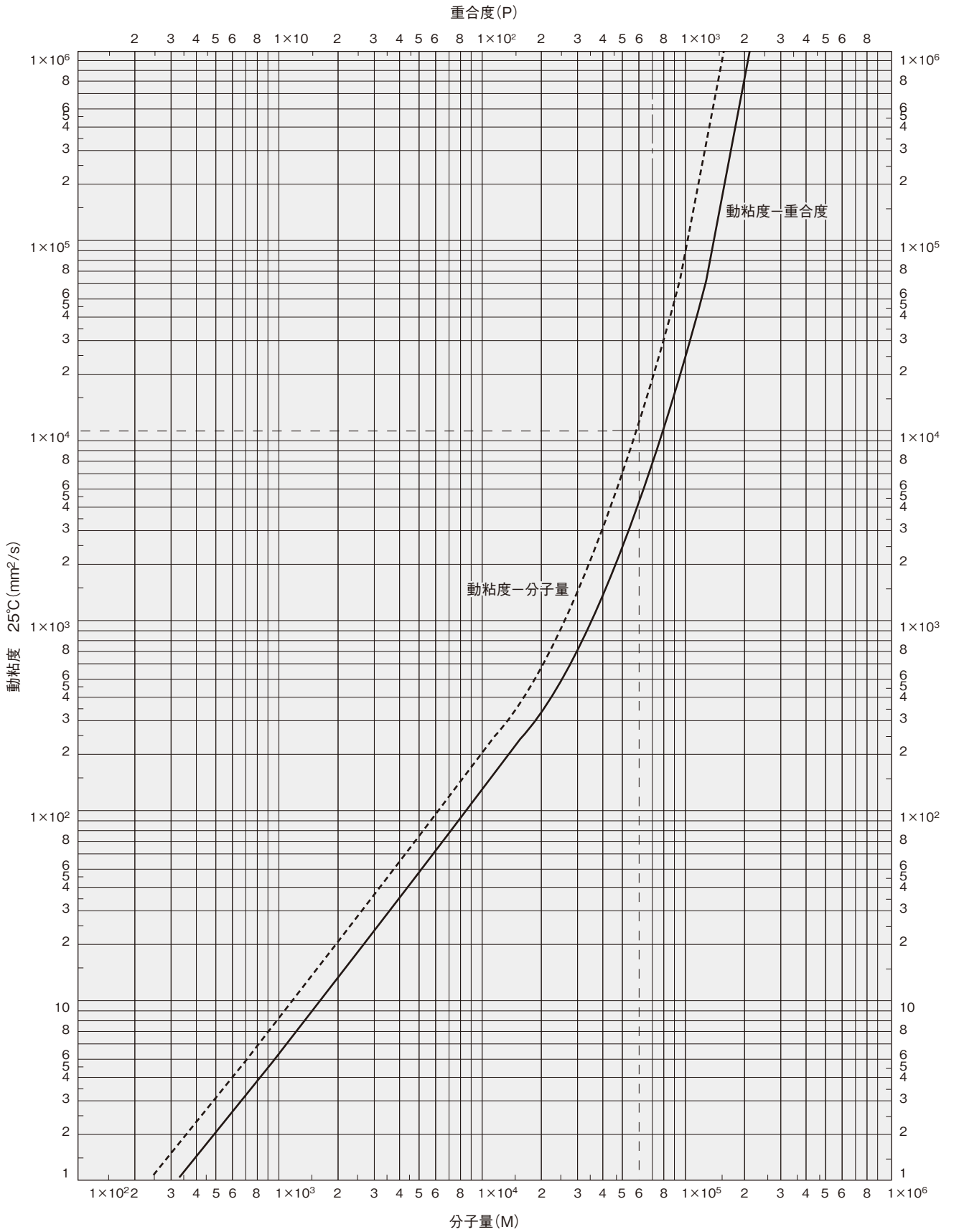


図-1 KF-96の動粘度・分子量・重合度の関係



3. 温度と粘度

KF-96の大きな特長の一つは、温度による粘度変化が小さいという点です。粘度変化は10mm²/s以下の低粘度品を除けば、一般の鉱油や合成油、その他のシリコンオイルより小さくなっています。このため、航空機、自動車、鉄道車両などの計器油として幅広く使われています。

シリコンオイルの温度による粘度変化の指標として、粘度温度係数(V.T.C)※があります。このV.T.Cが小さいほど、粘度変化は少なくなります。

※V. T. C : Viscosity Temperature Coefficientの略

液体の温度による粘度変化を示す指標で、次式によって求めます。

$$V.T.C=1-\frac{210^{\circ}F(98.9^{\circ}C)の動粘度}{100^{\circ}F(37.8^{\circ}C)の動粘度}$$

●測定方法

ASTM D 445-46T(JIS Z 8803でも可)によるウッペローデ粘度計により測定。ただし、KF-96-1,000csの0℃以下の測定には、落下球粘度計(JIS Z 8803)を使用。

●測定結果

1. ジメチルシリコンオイルKF-96と

メチルフェニルシリコンオイルKF-50、KF-54との比較

表-1、図-3：-60～+250℃にわたって測定した動粘度の結果。

表-2、図-4-1：25℃の動粘度を基準とした粘度変化率。

図-4-2：使用頻度の高い0～50℃の部分(図-4-1)を拡大したもの。

2. ジメチルシリコンオイルKF-96と鉱油との比較

表-3、図-5：-30～+100℃にわたって測定した動粘度の結果。

表-4、図-6：粘度変化率。

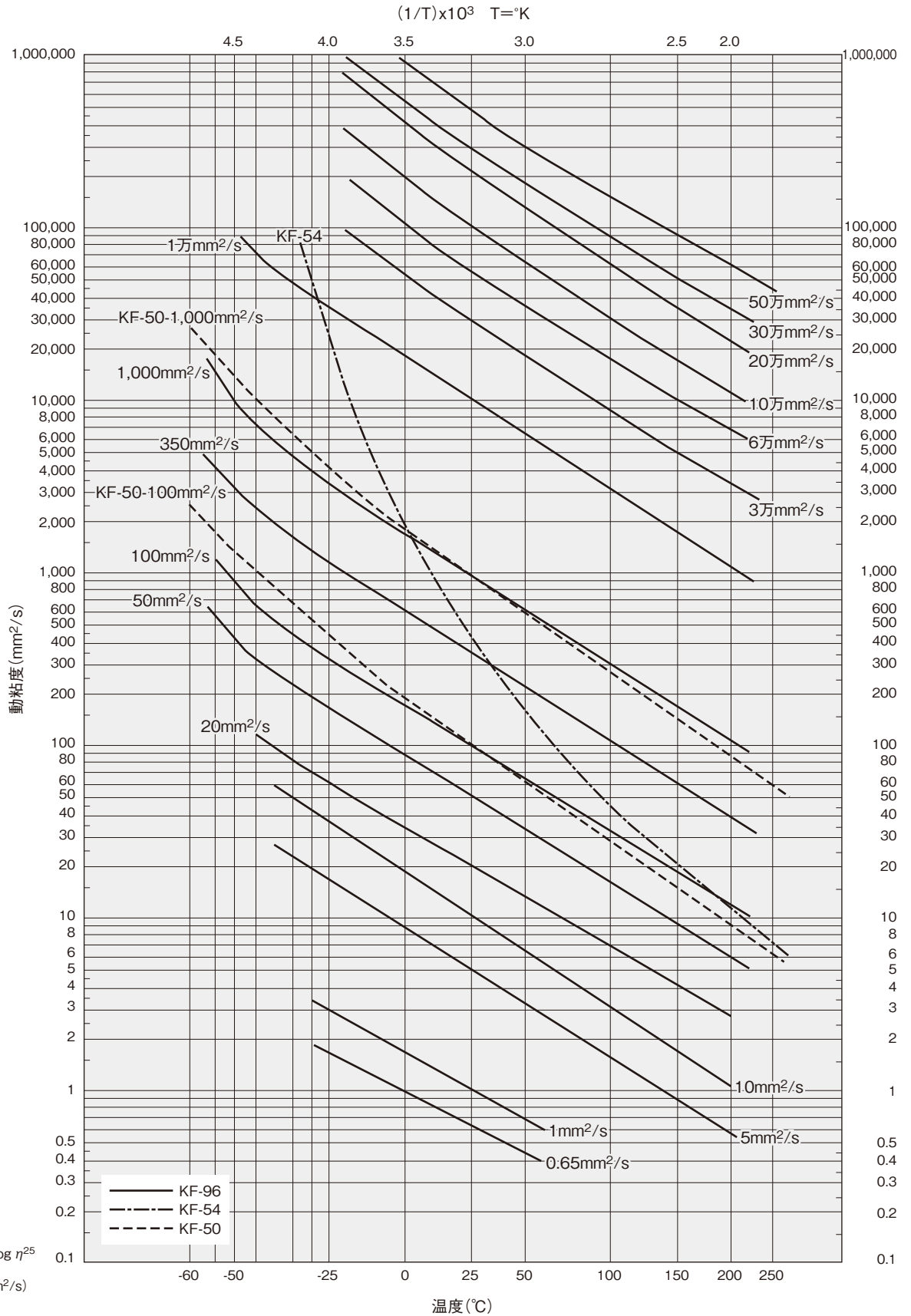
ジメチルポリシロキサンからなるKF-96は粘度変化が最も小さく、また低粘度のものほどその変化が小さくなっています。しかし、ジメチルシロキサンとジフェニルシロキサンとの共重合体であるKF-50およびKF-54は、フェニル基の影響により粘度変化は大きくなり、特にフェニルの含有率の多いKF-54は粘度変化が著しく大きくなり、石油系オイルに近い変化を示します。また、ジメチルシリコンオイルと石油系オイルとの比較では、ジメチルシリコンオイルは温度による粘度変化が小さいことがわかります。図-4を用いることにより信越シリコンオイルの表示粘度から任意の温度における粘度を容易に推定することができます。

表-1 各温度における動粘度(mm²/s)

| 製品名 | 温度(℃) | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|------|--|
| | -60 | -55 | -50 | -45 | -35 | -25 | 0 | 25 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | |
| KF-96L-5cs | — | — | — | 29*1 | — | 15*3 | 8.5 | 5.0 | 3.0 | 1.5 | 0.96*4 | 0.58 | — | |
| KF-96-10cs | — | — | — | 55*1 | — | 28*3 | 17 | 10.0 | 6.3 | 3.0 | 1.9*4 | 1.1 | — | |
| KF-96-20cs | — | 110 | — | — | 66.4*2 | — | 32.8 | 20.0 | 13.0 | 6.70 | 3.60 | 2.40 | — | |
| KF-96-50cs | — | 586 | 437 | 327 | 220 | 164 | 88.0 | 50.0 | 32.5 | 15.9 | 9.13 | 5.81 | — | |
| KF-96-100cs | — | 1,223 | 909 | 700 | 480 | 324 | 171 | 100 | 64.6 | 31.3 | 17.9 | 11.4 | — | |
| KF-96-350cs | — | 4,570 | 3,350 | 2,530 | 1,700 | 1,190 | 598 | 350 | 220 | 107 | 59.1 | 37.1 | — | |
| KF-96-1,000cs | — | 16,100 | 10,000 | 7,530 | 4,860 | 3,400 | 1,720 | 1,000 | 633 | 302 | 165 | 104 | — | |
| KF-96H-1万cs | — | — | 97,200 | 75,200 | 48,700 | 34,100 | 17,500 | 10,000 | 6,370 | 3,020 | 1,700 | 1,030 | — | |
| KF-50-100cs | 2,340 | — | 1,400 | — | — | 435 | 181 | 100 | 60.8 | 27.7 | 15.1 | 9.30 | 6.11 | |
| KF-50-1,000cs | 24,000 | — | 14,500 | — | — | 4,380 | 1,830 | 1,000 | 600 | 270 | 146 | 88.1 | 5.65 | |
| KF-54 | — | — | — | — | 50,400*2 | 24,800 | 1,770 | 400 | 167 | 46.3 | 20.0 | 10.9 | 6.56 | |

測定温度 ※1:-40℃ ※2:-30℃ ※3:-20℃ ※4:140℃

図-3 シリコンオイルの温度-動粘度変化



【計算式】

$$\log \eta^t = \frac{763.1}{273+t} - 2.559 + \log \eta^{25}$$

η^t : t°Cにおける動粘度(mm²/s)

t: -25~250°C

表-2 温度による粘度変化率

| 製品名 | 温度(°C) | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|--------|------|------|--------------------|--------------------|--------------------|------|------|-------|-------|---------------------|--------|--------|--|
| | -60 | -55 | -50 | -45 | -35 | -25 | 0 | 25 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | |
| KF-96L-5cs | — | — | — | 5.80* ¹ | — | 3.00* ³ | 1.70 | 1.00 | 0.600 | 0.300 | 0.192* ⁴ | 0.116 | — | |
| KF-96-10cs | — | — | — | 5.50* ¹ | — | 2.80* ³ | 1.70 | 1.00 | 0.630 | 0.300 | 0.190* ⁴ | 0.110 | — | |
| KF-96-20cs | — | 5.50 | — | — | 3.32* ² | — | 1.64 | 1.00 | 0.653 | 0.335 | 0.180 | 0.120 | — | |
| KF-96-50cs | — | 11.7 | 8.75 | 6.54 | 4.82 | 3.28 | 1.76 | 1.00 | 0.649 | 0.318 | 0.183 | 0.116 | — | |
| KF-96-100cs | — | 12.2 | 9.09 | 7.24 | 4.80 | 3.24 | 1.71 | 1.00 | 0.646 | 0.313 | 0.179 | 0.114 | — | |
| KF-96-350cs | — | 13.1 | 9.57 | 7.23 | 4.88 | 3.41 | 1.71 | 1.00 | 0.633 | 0.306 | 0.169 | 0.106 | — | |
| KF-96-1,000cs | — | 16.1 | 9.58 | 7.53 | 4.86 | 3.40 | 1.72 | 1.00 | 0.633 | 0.302 | 0.165 | 0.104 | — | |
| KF-96H-1万cs | — | — | 9.72 | 7.52 | 4.87 | 3.41 | 1.75 | 1.00 | 0.637 | 0.302 | 0.170 | 0.103 | — | |
| KF-50-100cs | 23.4 | — | 14.0 | — | — | 4.35 | 1.81 | 1.00 | 0.608 | 0.277 | 0.151 | 0.0935 | 0.0611 | |
| KF-50-1,000cs | 24.0 | — | 15.0 | — | — | 4.38 | 1.83 | 1.00 | 0.601 | 0.270 | 0.146 | 0.088 | 0.0565 | |
| KF-54 | — | — | — | — | 112* ² | 55.0 | 3.93 | 1.00 | 0.372 | 0.103 | 0.0446 | 0.0241 | 0.0146 | |

測定温度 ※1:-40°C ※2:-30°C ※3:-20°C ※4:140°C

図-4-1 温度による粘度変化率

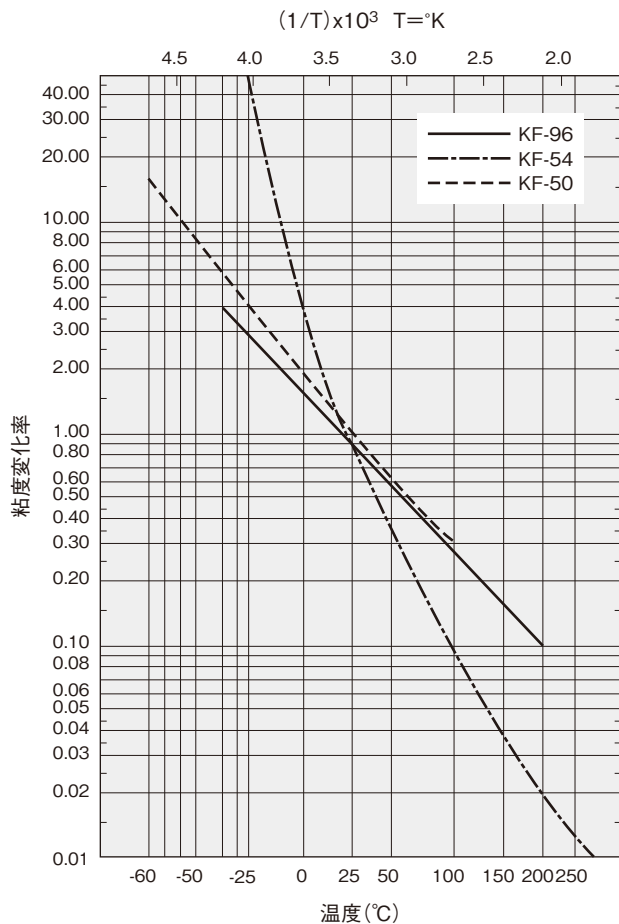


図-4-2 温度による粘度変化率(0°C~50°C)

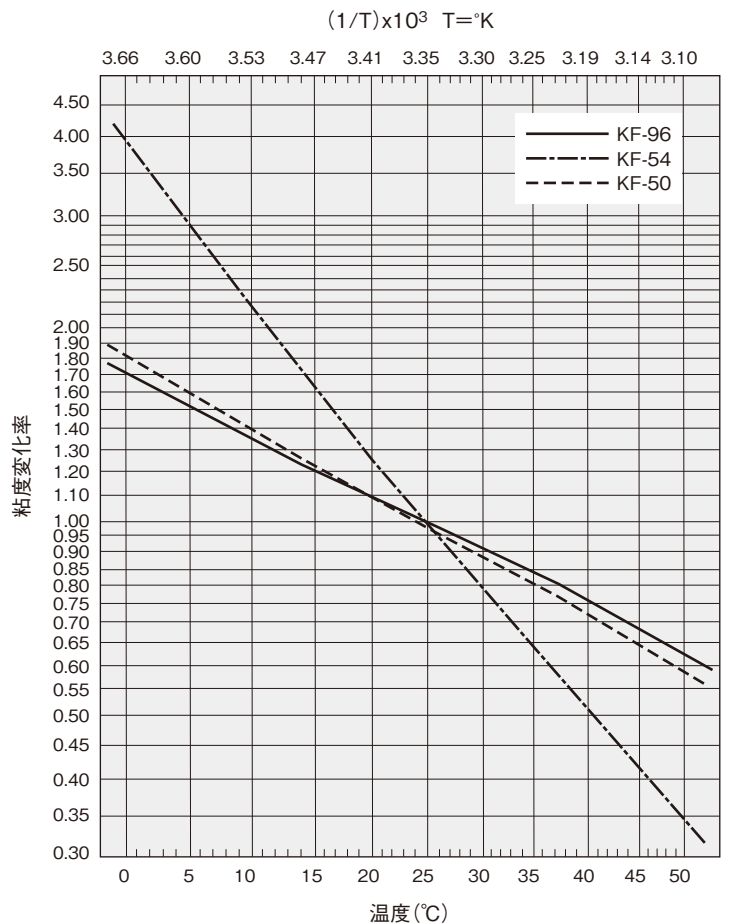


表-3 各種オイルの各温度における動粘度 (mm²/s)

| オイル名 \ 温度 (°C) | -30 | 0 | 25 | 50 | 70 | 100 |
|----------------|-------|------|------|------|------|------|
| KF-96-20cs | 66.4 | 32.8 | 20.0 | 13.0 | 9.72 | 6.70 |
| 緩衝機油 | 3,880 | 136 | 29.3 | 10.6 | 5.95 | 3.19 |
| ダンパー油 | 521 | 48.8 | 14.9 | 6.38 | 3.90 | 2.14 |
| スピンドル油 | 860 | 53.6 | 16.1 | 6.59 | 3.79 | 2.27 |

測定温度:-30°C

表-4 各種オイルの各温度における粘度変化率

| オイル名 \ 温度 (°C) | -30 | 0 | 25 | 50 | 70 | 100 |
|----------------|------|------|------|-------|-------|-------|
| KF-96-20cs | 3.32 | 1.64 | 1.00 | 0.650 | 0.486 | 0.335 |
| 緩衝機油 | 132 | 4.64 | 1.00 | 0.362 | 0.203 | 0.109 |
| ダンパー油 | 35.0 | 3.27 | 1.00 | 0.428 | 0.262 | 0.134 |
| スピンドル油 | 53.4 | 3.33 | 1.00 | 0.410 | 0.235 | 0.141 |

測定温度:-30°C

図-5 各種オイルの各温度における動粘度

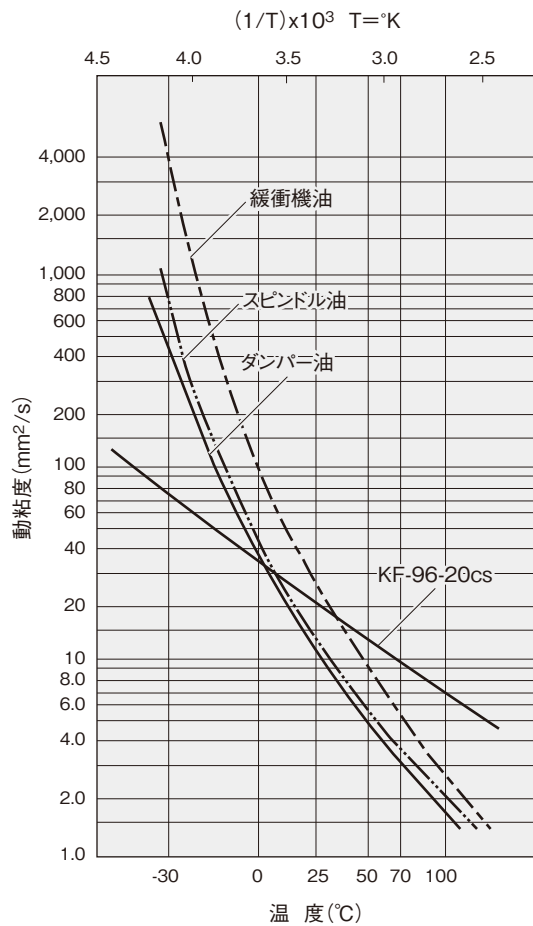
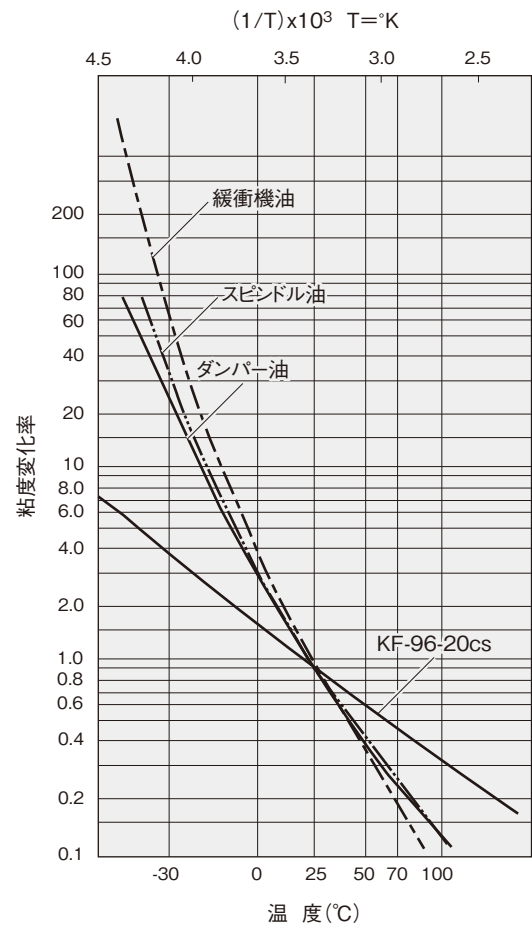


図-6 各種オイルの各温度における動粘度変化率



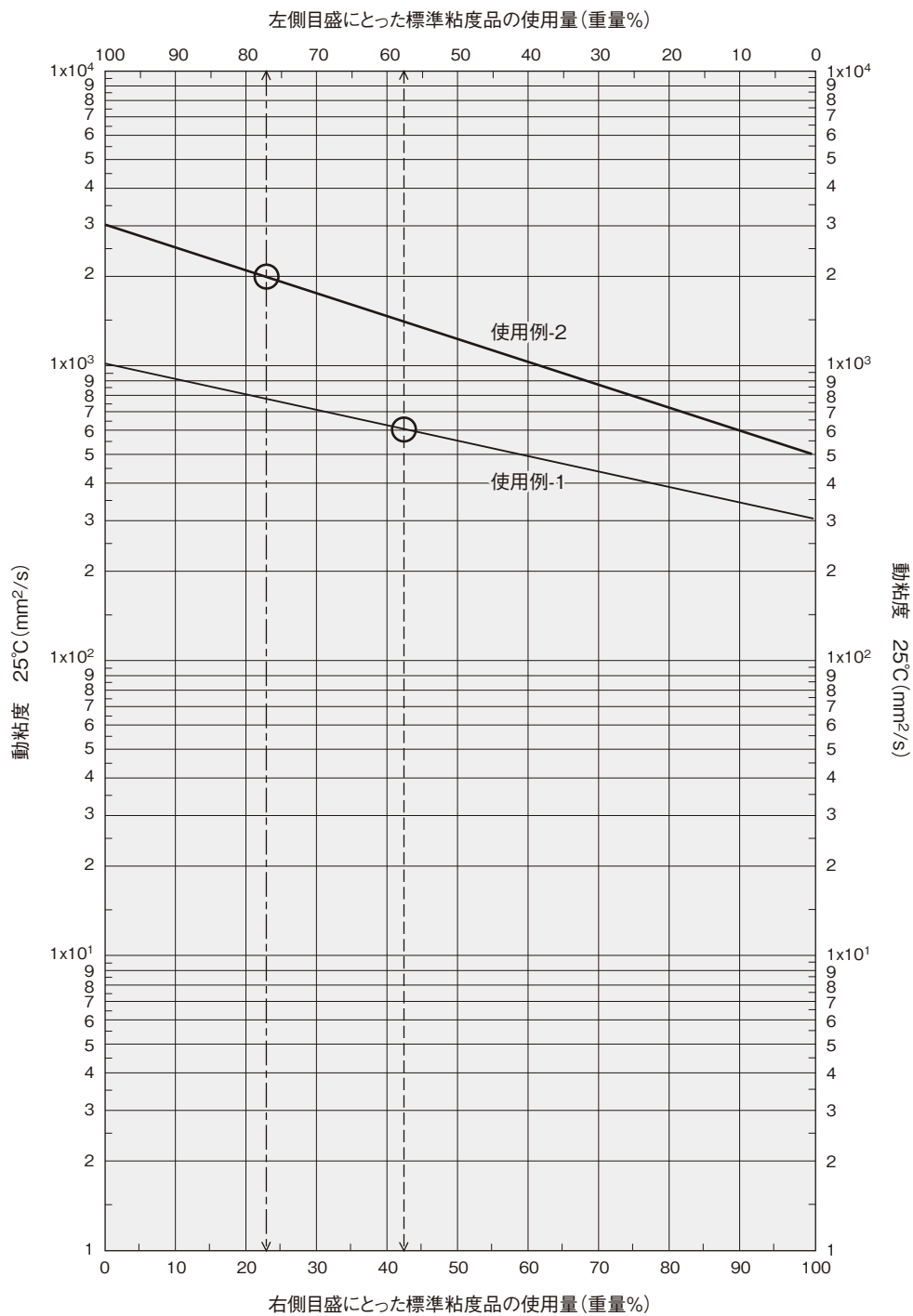
4. 粘度調整法

KF-96は、0.65～100万 mm^2/s まであり、そのうち27種類の標準粘度品があります。

しかし希望する粘度が手元にない場合には、

粘度の違った二つのオイルを混合して希望の粘度を作ることができます。

図-7



●使用方法

図-7を使用する場合には、

1. 混合するオイルの粘度はできるだけ近いものを使用してください。
2. 混合するオイルの割合は、なるべく等しくならぬように(図-7の重量%軸の両端に近い方で用いるように)してください。

図-7は、縦軸に動粘度を対数目盛でとり、横軸に使用量(重量%)を示します。

このため、目盛にない $1\text{万mm}^2/\text{s}$ (10^4)以上の時は、適宜乗数を下方に平行移動させて使用してください。

このとき縦軸の平行移動だけで上下の使用目盛には変動なく出てきた値(重量%)は、そのまま使用できます(使用例-2参照)。

また、使用量(重量%)目盛は、左側にとったオイルの使用量(重量%)は上の目盛を読み、

右側にとったオイルの使用量は下の目盛を読みます。

逆に使用すると全く異なった粘度品ができてしまいますので、ご注意ください。

使用例-1

●標準粘度品 $1,000\text{mm}^2/\text{s}$ と $300\text{mm}^2/\text{s}$ を混合して $600\text{mm}^2/\text{s}$ のオイルを作る場合

1. 左側に $1,000\text{mm}^2/\text{s}$ (1×10^3)の目盛をとり、右側に $300\text{mm}^2/\text{s}$ (3×10^2)の目盛をとって両点を直線で結びます。
2. $600\text{mm}^2/\text{s}$ (6×10^2)の目盛を通る水平線と先の直線との交点から垂線を下し、
上・下の標準粘度の使用量(重量%)目盛を読みます。
3. すなわち $300\text{mm}^2/\text{s}$ を42.5重量%(下の目盛から)、
 $1,000\text{mm}^2/\text{s}$ を57.5重量%(上の目盛)を混合すると $600\text{mm}^2/\text{s}$ の粘度品が得られます。

使用例-2

●標準粘度品 $30\text{万mm}^2/\text{s}$ と $5\text{万mm}^2/\text{s}$ を混合して $20\text{万mm}^2/\text{s}$ のオイルを作る場合

この図では、30万および5万の目盛がないため、座標移動します。

1. まず左側の 10^3 台の目盛3のところを $30\text{万mm}^2/\text{s}$ の目盛とし、右側の 10^2 台の目盛5のところを $5\text{万mm}^2/\text{s}$ とします。
こうすることにより $30\text{万mm}^2/\text{s}$ は $3,000\text{mm}^2/\text{s}$ の 3×10^3 の目盛となり、
 3×10^5 (30万)を 10^2 ($3\times 10^5\div 3\times 10^3=10^2$)だけ座標移動したことになります。
 $5\text{万mm}^2/\text{s}$ も 10^2 ($5\times 10^4\div 5\times 10^2=10^2$)だけ座標を移動したことになります。
2. 両点を直線で結び $20\text{万mm}^2/\text{s}$ すなわち 2×10^3 (10^2 座標を移動したため)の目盛を通る水平線と
先の直線との交点から垂線を下し、上・下の標準粘度品の使用量(重量%)目盛を読みます。
3. すなわち $30\text{万mm}^2/\text{s}$ は上の目盛を読んで77重量%、 $5\text{万mm}^2/\text{s}$ は下の目盛を読んで23重量%となります。

【注意事項】

縦軸(粘度軸)は対数目盛であり、上下に移動するだけで自由に使い、
標準粘度品の使用量(重量%)目盛はそのまま使用できます

5. 比重

シリコンオイルの比重および容積の温度による変化は、水や水銀よりも大きく、ベンゼンの変化に近いものです。^{※1}

ここでは、代表的なシリコンオイルであるジメチルシリコンオイルKF-96のほか、メチルフェニルシリコンオイルKF-50およびKF-54の-40～+200℃にわたる比重の測定値と鉱油との比較を下記に示します。

測定の結果、比重および容積の温度による変化の大小は、そのオイルの粘度による変化と逆の関係にあることがわかります。すなわち、粘度の温度による変化は、KF-96<KF-50<KF-54<鉱油の順ですが、^{※2} ^{※3}比重の温度による変化は、

鉱油<KF-54<KF-50<KF-96の順となっており、同一種類のシリコンオイルでは高粘度のものほど変化は小さくなっています。比重と測定温度の関係を表-5と図-8に、この変化率を表-6と図-9に示し、容積変化を表-7と図-10に示しました。

なお、この測定はすべて浮ひょう型比重計^{※4}を使用したため、高温側ではわずかの誤差を含んでいますから、本データはあくまでも工業的尺度として利用してください。

【参考文献】

- ※1 McGregor:Silicone and their uses.
- ※2 Shin-Etsu Silicone Review No.1
- ※3 信越シリコン Technical data T6-8B
- ※4 JIS Z8804「液体比重測定方法」の3

表-5 各温度による比重 (t°C/4°C)

| オイル名 \ 温度(°C) | -40 ^{※1} | -20 ^{※1} | 0 ^{※2} | 25 | 50 | 100 | 150 | 200 |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-------|---------------------|---------------------|-------|-------|
| KF-96L-2cs | 0.936 | 0.917 | 0.898 | 0.873 | 0.859 ^{※3} | 0.823 ^{※4} | — | — |
| KF-96L-5cs | 0.979 | 0.961 | 0.939 | 0.915 | 0.900 ^{※3} | 0.862 ^{※4} | — | — |
| KF-96-10cs | 1.000 | 0.982 | — | 0.935 | 0.914 | 0.870 | — | — |
| KF-96-20cs | 1.008 | — | 0.974 | 0.950 | 0.930 | 0.885 | — | — |
| KF-96-50cs | 1.020 | 1.002 | 0.982 | 0.960 | 0.938 | 0.897 | 0.857 | 0.816 |
| KF-96-100cs | 1.024 | 1.006 | 0.987 | 0.965 | 0.944 | 0.902 | 0.862 | 0.823 |
| KF-96-1,000cs | 1.029 | 1.011 | 0.992 | 0.970 | 0.949 | 0.907 | 0.868 | 0.830 |
| KF-50-100cs | 1.052 | 1.035 | 1.017 | 0.996 | 0.975 | 0.934 | 0.895 | 0.859 |
| KF-54 | — | 1.110 | 1.093 | 1.074 | 1.055 | 1.019 | 0.984 | 0.948 |
| ダンパー油 15mm ² /s | — | — | — | 0.887 | 0.873 | 0.844 | — | — |
| スピンドル油 18mm ² /s | — | — | — | 0.915 | 0.899 | 0.868 | — | — |

測定温度 ※1:±0.2°C ※2:±0.3~0.5°C その他は±0.1°C ※3:40°C ※4:80°C

図-8 温度と比重との関係

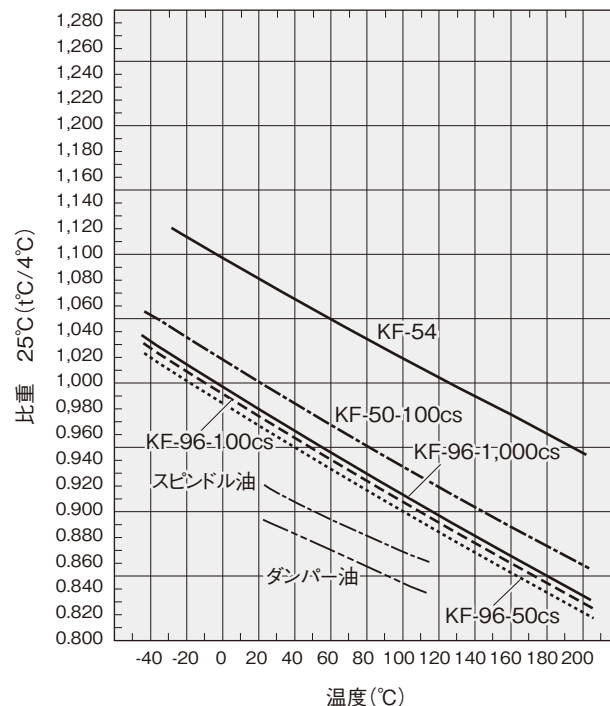


表-6 温度による比重変化率 (t°C/25°C)

| オイル名 | 温度(°C) | -40 | -20 | 0 | 25 | 50 | 100 | 150 | 200 |
|-----------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|-------|-------|
| KF-96L-2cs | | 1.072 | 1.050 | 1.029 | 1.000 | 0.984※1 | 0.943※2 | — | — |
| KF-96L-5cs | | 1.070 | 1.050 | 1.026 | 1.000 | 0.984※1 | 0.942※2 | — | — |
| KF-96-10cs | | 1.070 | 1.050 | — | 1.000 | 0.978 | 0.930 | — | — |
| KF-96-20cs | | 1.061 | — | 1.025 | 1.000 | 0.979 | 0.932 | — | — |
| KF-96-50cs | | 1.062 | 1.044 | 1.023 | 1.000 | 0.977 | 0.935 | 0.893 | 0.850 |
| KF-96-100cs | | 1.061 | 1.042 | 1.023 | 1.000 | 0.978 | 0.935 | 0.893 | 0.853 |
| KF-96-1,000cs | | 1.061 | 1.042 | 1.023 | 1.000 | 0.978 | 0.935 | 0.895 | 0.856 |
| KF-50-100cs | | 1.056 | 1.039 | 1.021 | 1.000 | 0.979 | 0.938 | 0.899 | 0.862 |
| KF-54 | | — | 1.034 | 1.018 | 1.000 | 0.982 | 0.949 | 0.916 | 0.883 |
| ダンパー油 15mm ² /s | | — | — | — | 1.000 | 0.984 | 0.952 | — | — |
| スピンドル油 18mm ² /s | | — | — | — | 1.000 | 0.983 | 0.949 | — | — |

測定温度 ※1:40°C ※2:80°C

表-7 温度による容積比 (t°Cの容積/25°Cの容積)

| オイル名 | 温度(°C) | -40 | -20 | 0 | 25 | 50 | 100 | 150 | 200 |
|-----------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| KF-96-50cs | | 0.941 | 0.958 | 0.978 | 1.000 | 1.023 | 1.070 | 1.120 | 1.176 |
| KF-96-100cs | | 0.942 | 0.959 | 0.978 | 1.000 | 1.022 | 1.070 | 1.119 | 1.172 |
| KF-96-1,000cs | | 0.943 | 0.960 | 0.978 | 1.000 | 1.022 | 1.069 | 1.117 | 1.168 |
| KF-50-100cs | | 0.947 | 0.962 | 0.979 | 1.000 | 1.022 | 1.066 | 1.113 | 1.159 |
| KF-54 | | — | 0.968 | 0.983 | 1.000 | 1.018 | 1.054 | 1.091 | 1.132 |
| ダンパー油 15mm ² /s | | — | — | — | 1.000 | 1.016 | 1.051 | — | — |
| スピンドル油 18mm ² /s | | — | — | — | 1.000 | 1.018 | 1.054 | — | — |

図-9 温度と比重変化率 (t°C/25°C) の関係

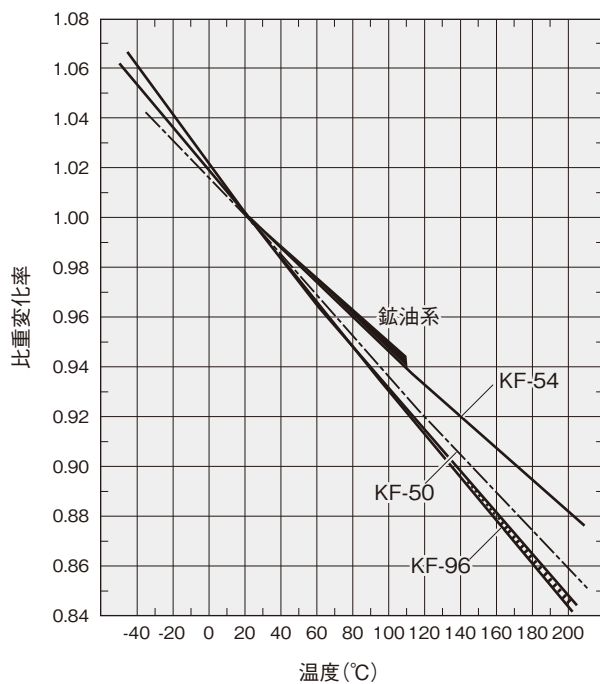
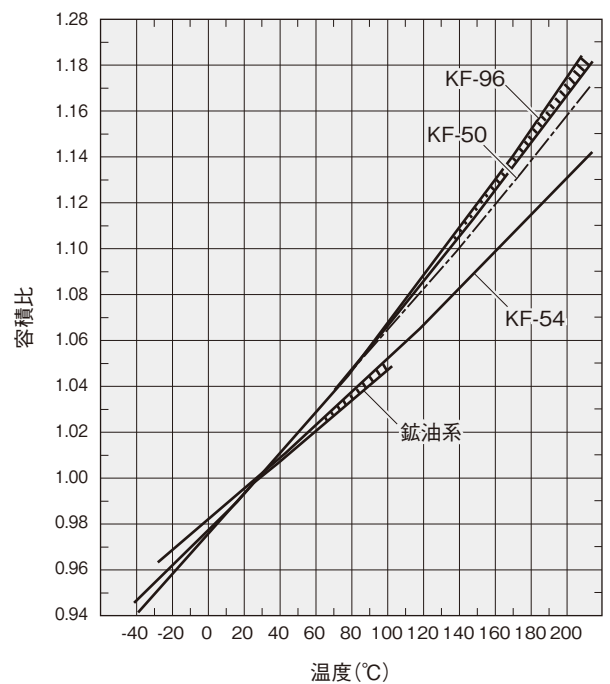


図-10 温度と容積比 (t°C vol/25°C vol) との関係



6. 比熱

KF-96の比熱(25℃)は20mm²/s以下が1.6~2.0J/g・℃、100mm²/s以上では粘度に関係なく約1.5J/g・℃です。
この値は、水の約1/3、鉱油と比較しても極めて小さい値です。

7. 熱伝導率

KF-96の熱伝導率(25℃)は50mm²/s以下が0.10~0.15W/m・℃、100mm²/s以上では粘度に関係なく約0.16W/m・℃です。
この値は水の約1/4で、ベンゼンやトルエンとほぼ同じ値です。

8. 屈折率

KF-96のナトリウムD線に対する屈折率(25℃)は、2.0mm²/s以下が1.375~1.391、
10mm²/s以上では1.399~1.403とほぼ一定の値を示します。

9. 揮発性

KF-96の室温下における揮発性は、低粘度品を除いて揮発性のある低分子量のシリコーンをカットしてありますので、
ほとんど不揮発性です(加熱時については、熱酸化安定性の項目をご参照ください)。
なお、低粘度品は揮発性はありますが、溶剤類は含まれていません。

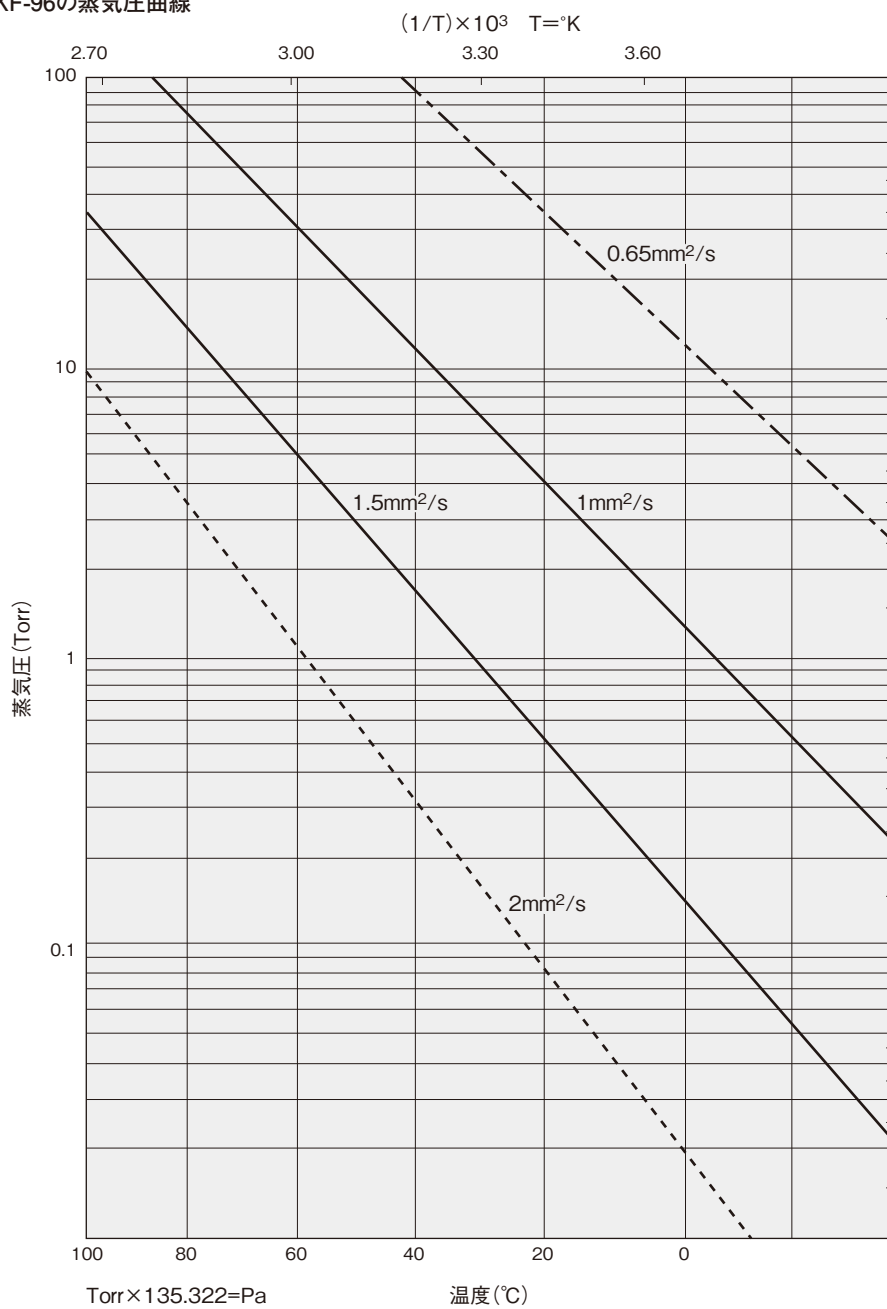
10. 引火点、自然発火点

KF-96の引火点は低粘度品(30mm²/s以下)を除いて300℃以上です。
しかも、連続的にシリコーンを分解するのに十分な熱の供給がない限り、燃焼は継続しません。
自然発火点は450℃前後です。

11. 蒸気圧

KF-96の蒸気圧は低粘度品を除いて極めて低く、220℃で1.0Torr以下(20mm²/sの場合)です。
 また、1,000mm²/s以上ではほとんど数値が変わりません。

図-11 KF-96の蒸気圧曲線



12. 熱酸化安定性

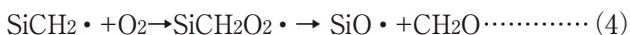
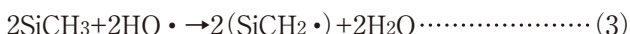
KF-96は熱酸化に対して非常に安定で、空気中において室温から150℃まではほとんど変化しません。高温時の変化は、空気中と不活性ガス(N₂、CO₂など)中とは異なります。高温空気中では、酸化によりSi-O結合が破断するため、分子間の架橋が起こり、粘度が上昇します。一方、不活性ガス中では熱分解を受けて粘度が低下します。空気中における100mm²/sのゲル化時間は、175℃で5,000時間以上、200℃で約200時間、250℃で約40時間です。また、封管中における粘度低下は、200～225℃で約9%、250℃で約24%、300℃で約48%です。

■シリコンオイルの高温酸化機構

前述のごとくシリコンオイルの酸化は、高温下でまずメチル基が酸素の攻撃を受けます。酸化の初期は、



なる反応が起こり、続いて次のように進行すると考えられています。



これらの反応によりシロキシ基SiO \cdot が生成します。また、



よって、シリル基Si \cdot が生じ、ホルムアルデヒドがさらに酸化されると、ギ酸を経て水素と炭酸ガスになります。



(4)で生成したシロキシ基と、(7)あるいは(8)で生成したシリル基とが結合してSi-O-Siなるシロキサン結合を生成して、KF-96分子間の架橋が起こり、粘度が増加し、最後にはゲル化に至ります。

R.C Gunderson and A.W. Hart, Aynthetic Lubricants
(Chapman & Hall 1962)

シリコンオイルを200℃程度の高温にすると低分子量シロキサンとともにホルマリン臭がするのは、この熱酸化によって生成したホルムアルデヒドのためです。これらの反応が起こるのは、150℃以上の高温下で空気中に曝したときであり、450℃以上では燃焼が起こり、最終的にはシリカ(SiO₂)が残渣として残ります。

●測定方法

- ・オイル：25g
- ・容器：100mL 硬質ガラスビーカー(50mmφ)
- ・加熱機器：熱風循環式恒温槽

●測定結果

KF-96は150℃では熱酸化に対してはほとんど安定ですが、200℃以上の温度になるとかなり活発な熱酸化反応が起こり、ホルムアルデヒド、ギ酸などの揮発性物質を生成します。その結果、加熱減量が増し、粘度が上昇します。従って、KF-96が熱酸化に対して耐えうる限界は170℃～180℃と言えます。(図-12～14)

図-12 KF-96-100cs、KF-96-1,000csの動粘度変化

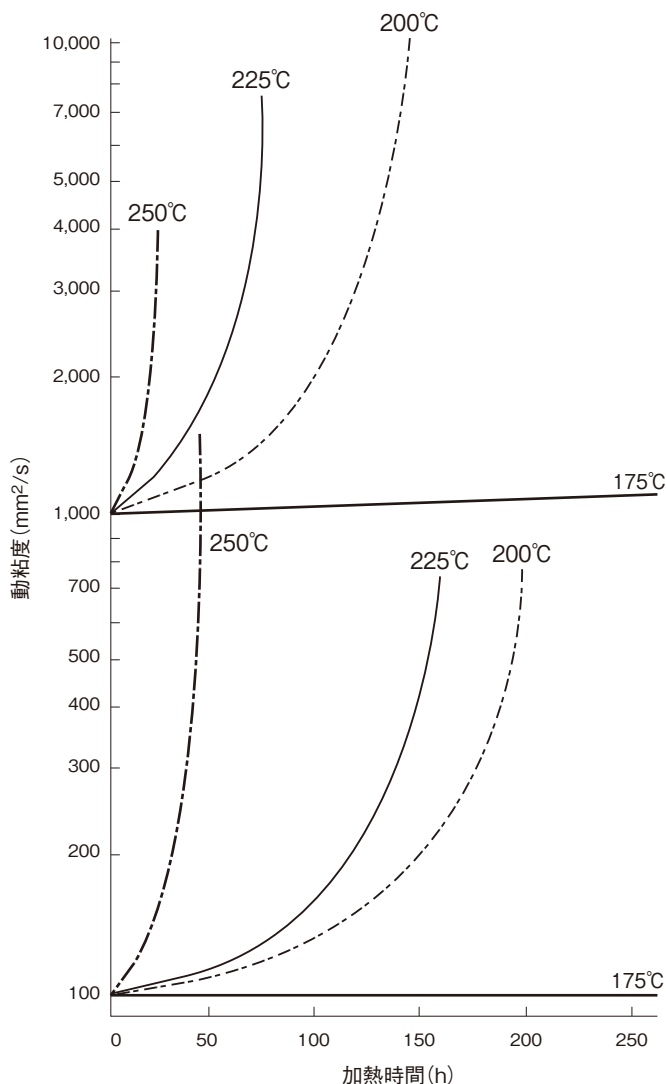


図-13 KF-96-100csの加熱減量

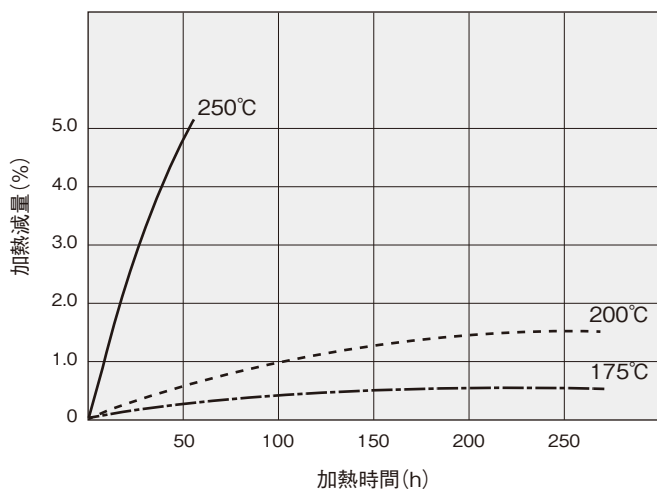
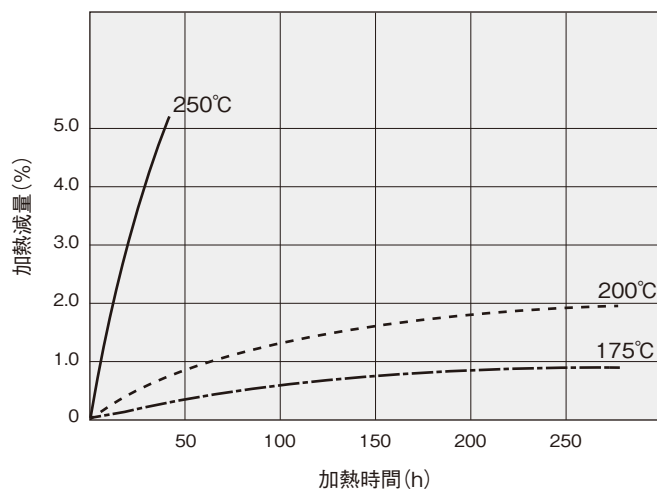


図-14 KF-96-1,000csの加熱減量



13. 耐寒性

KF-96は耐寒性に優れ、-50℃でも流動性があります。
 温度による粘度変化が小さいこともあわせて、寒冷地における用途に最適です。

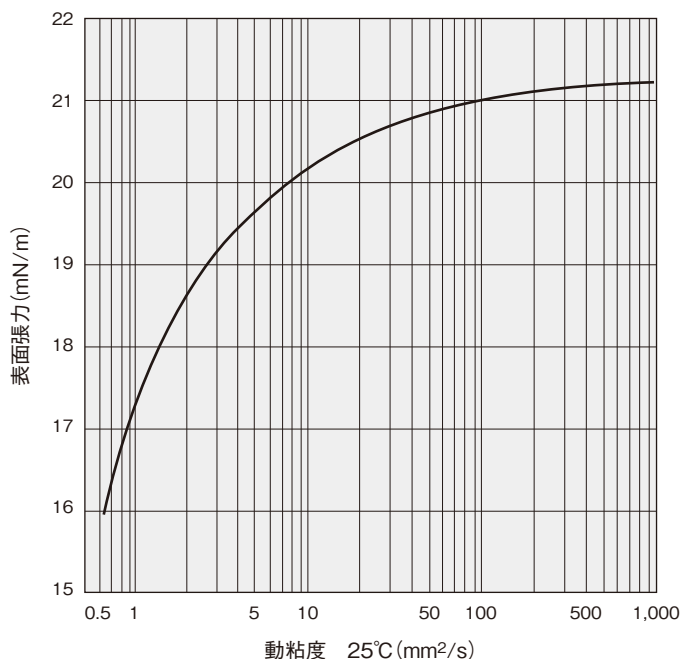
14. 表面張力

KF-96の表面張力は20~21mN/mで、水や一般のオイルに比べて非常に小さい値です。
 このため、種々の物質表面で広がりやすい性質を持ち、離型剤、消泡剤、化粧品原料などに応用されています。

各種液体の表面張力

| 液体の種類 | 表面張力 mN/m |
|-------|-----------|
| KF-96 | 15.9~21.3 |
| 鉱油 | 29.7 |
| 水 | 72.0 |

KF-96の表面張力



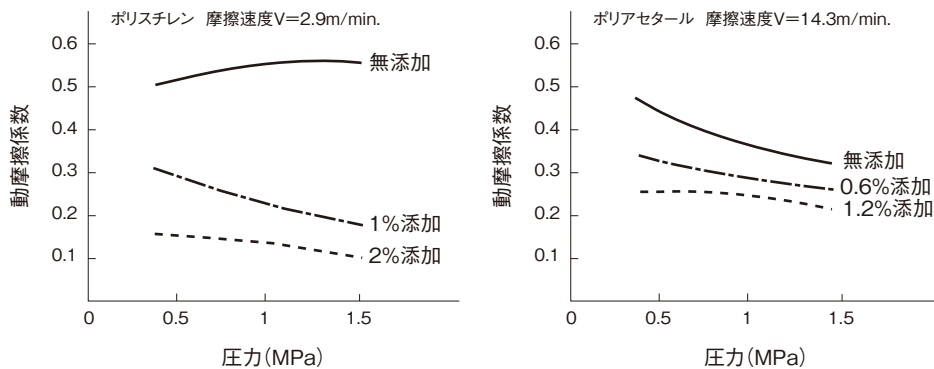
15. 潤滑性

KF-96は、温度による粘度変化が小さい、熱酸化安定性などに優れているなど、潤滑油として理想的な性質を持っていますが、すべり摩擦時の鋼-鋼間の境界潤滑性が劣るため、潤滑油としての用途は制約を受けます。しかし、軸受材質の組み合わせや摩擦条件を適当に選択することによって、その特長を生かした使用が可能です。潤滑性は、鋼-鋼の組み合わせでは劣りますが、鋼-銅、鋼-青銅、鋼-亜鉛、鋼-カドミウム、鋼-バビット、鋼-ナイロン、青銅-ナイロン、木材-木材などの組み合わせでは良好です。

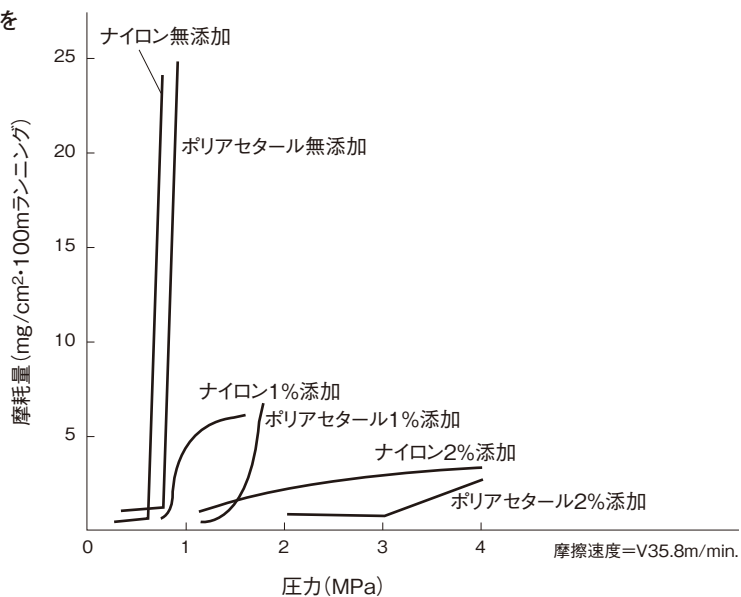
●プラスチックの潤滑性の向上について

少量のシリコンオイルをプラスチックに添加すると、成形品表面にシリコンオイルの薄膜が形成され、潤滑性が向上します。これにより、プラスチック表面の摩擦係数が減少し、耐摩耗性が大幅に改善されます。また、光沢や防水性が良くなるという効果もあります。

各種樹脂にシリコンオイルKF-96H-6万csを添加した時の摩擦圧力と動摩擦係数の関係



エンジニアリングプラスチックにKF-96H-1万csを添加した時の摩擦圧力と摩擦量の関係



16. 音速

KF-96中での音の伝達速度Vは、室温で約1,000m/secです。その速度は粘度が低くなるに従って遅くなります。

KF-96中の音の伝達速度

| 動粘度 25°C mm ² /s | 伝達速度 30.0°C m/sec |
|--------------------------------|----------------------|
| 0.65 | 873.2 |
| 1.0 | 901.3 |
| 1.5 | 919.0 |
| 2.0 | 931.3 |
| 5.0 | 953.8 |
| 10 | 966.5 |
| 20 | 975.2 |
| 50 | 981.6 |
| 100 | 985.2 |
| 200 | 985.7 |
| 350 | 986.2 |
| 500 | 986.4 |
| 1,000 | 987.3 |

17. 圧力による影響

KF-96は、圧力を受けても鉱油のように凝固することがなく、非常に高い圧縮率を示します。圧縮率は、低粘度になるほど大きくなり、0.65mm²/sの製品を除いて、4,000MPa以上の高圧でも固化しません。図-15-1、2には圧力と圧縮率、図-16には圧縮率と温度、図-17には圧力と動粘度の関係をそれぞれ示します。

P.W.Bridgman, Proc. Am. Acad. Arts. Sei., 77, 115(1949)

図-15-2 KF-96の圧力と圧縮率(25°C)

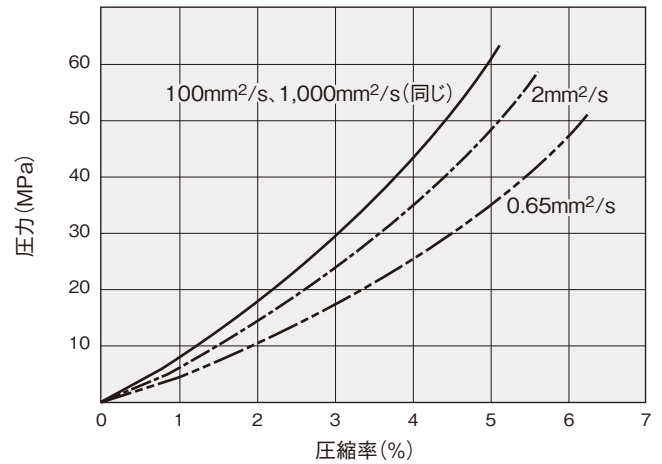


図-16 KF-96-100csの温度による圧縮率の違い

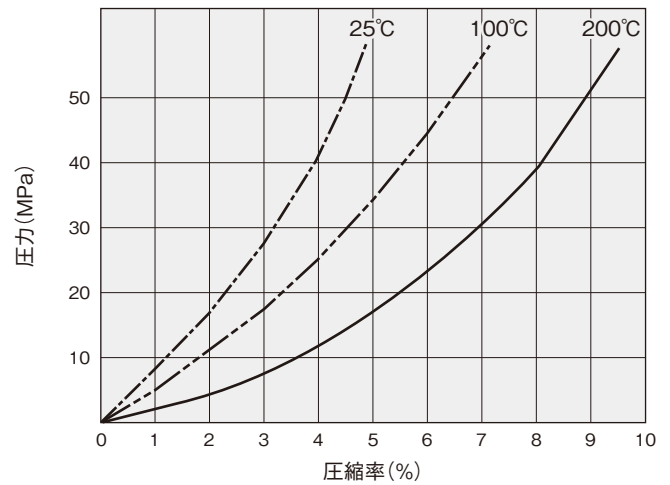


図-15-1 KF-96の圧力と圧縮率(25°C)

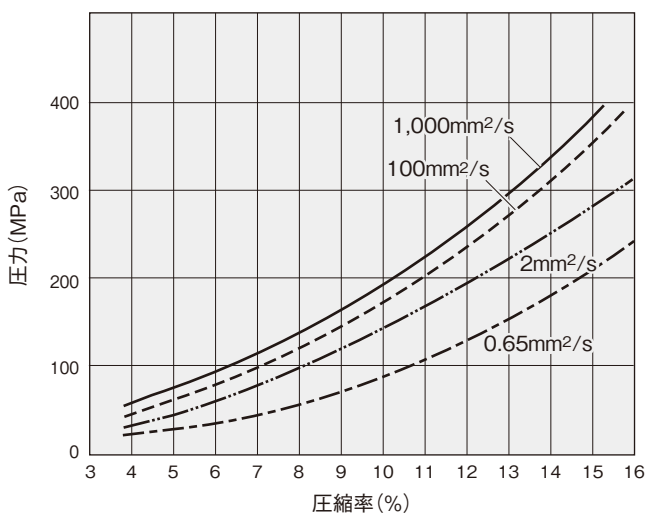
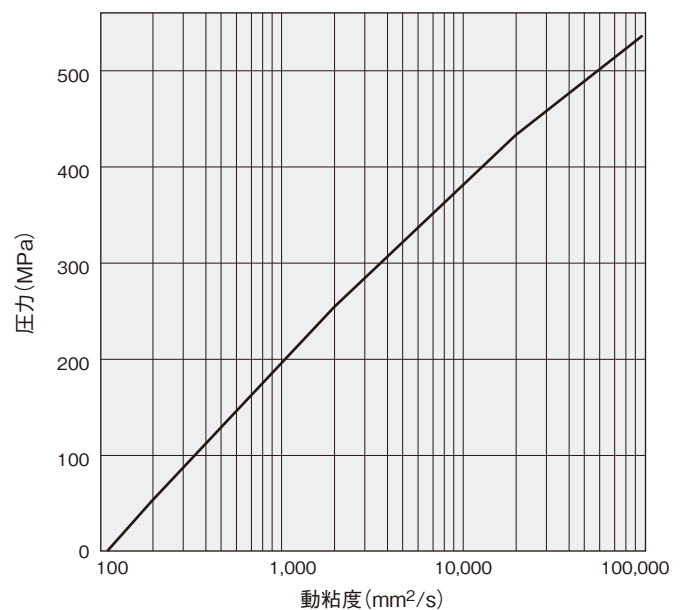


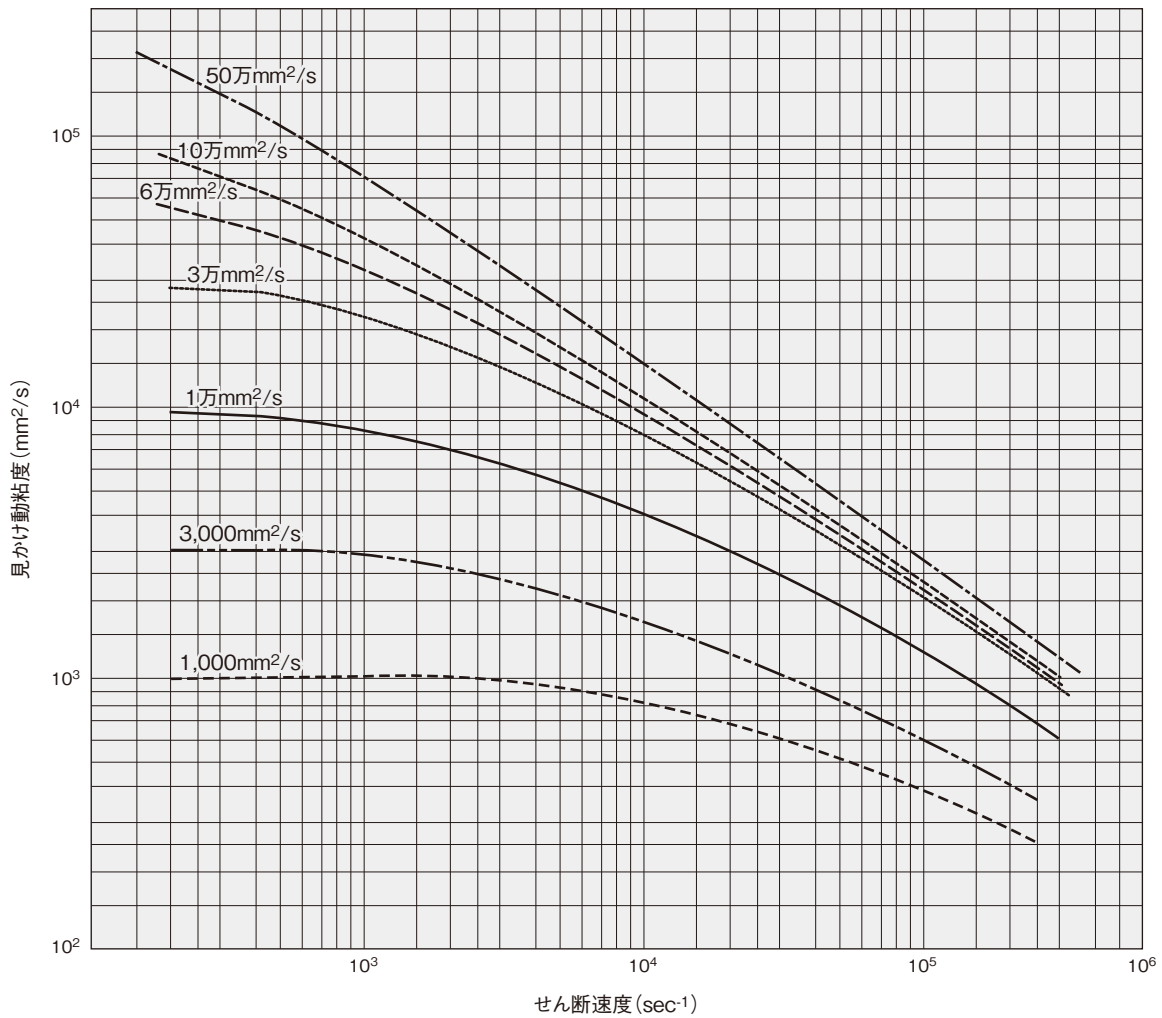
図-17 KF-96-100csの圧力と動粘度(25°C)



18. せん断に対する抵抗性

KF-96のせん断抵抗性は極めて高く、
 高速度や高荷重でのせん断劣化は起こりにくく、長寿命を保ちます。
 ただし、 $1,000\text{mm}^2/\text{s}$ 以上のものではせん断力下で見かけ上の粘度低下が発生し、
 この傾向は高粘度になるほど大きくなります。
 しかし、これは分子の破壊によるものではなく、せん断を取り除くともとの粘度に戻ります。
 図-18にKF-96の見かけ動粘度とせん断速度との関係を示します。

図-18 KF-96の見かけ動粘度とせん断速度(25°C)



19. 電気特性

KF-96は電気特性に優れ、温度や周波数の変化による影響もわずかです。

特に絶縁破壊の強さについては鉱油系の絶縁油よりも優れています。

しかし、一般の絶縁油と同様に電気絶縁性能は吸湿量に大きく影響されます。

このため、高圧トランスの絶縁油に使用する場合には、あらかじめ脱水処理をしてご使用ください。

吸湿量は、雰囲気相対湿度に左右されますが、一般には100～200ppm程度の水分を吸収しています。

脱水処理方法については、34ページをご参照ください。

図-19 KF-96-50csの含水量と体積抵抗率

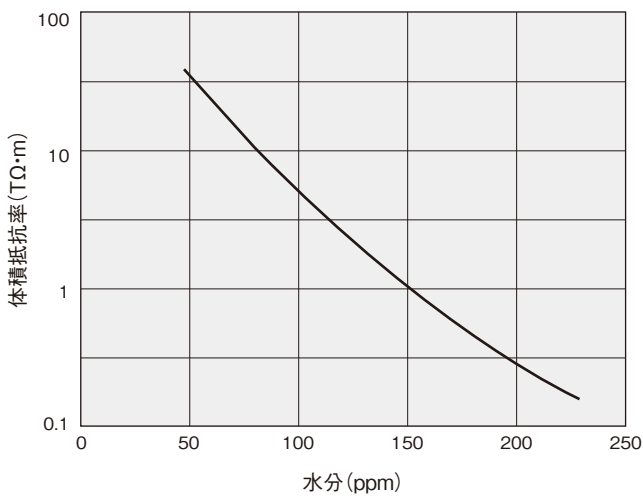


図-20 KF-96-50csの含水量と絶縁破壊の強さ

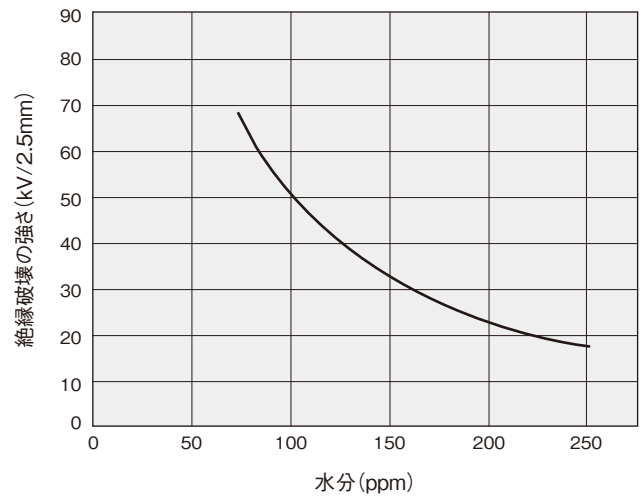


図-21 KF-96-50csの含水量と誘電率

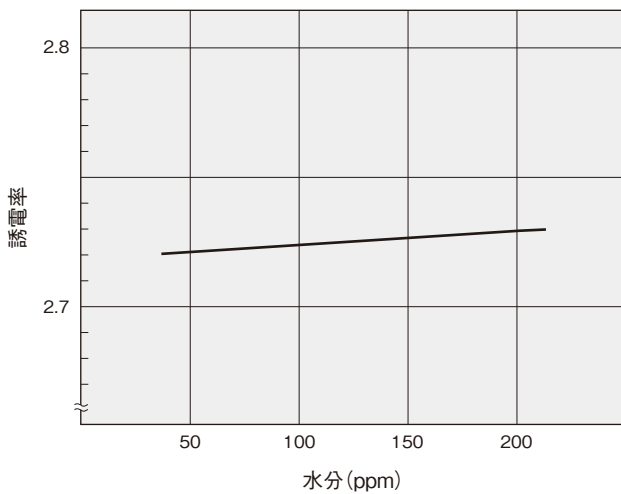
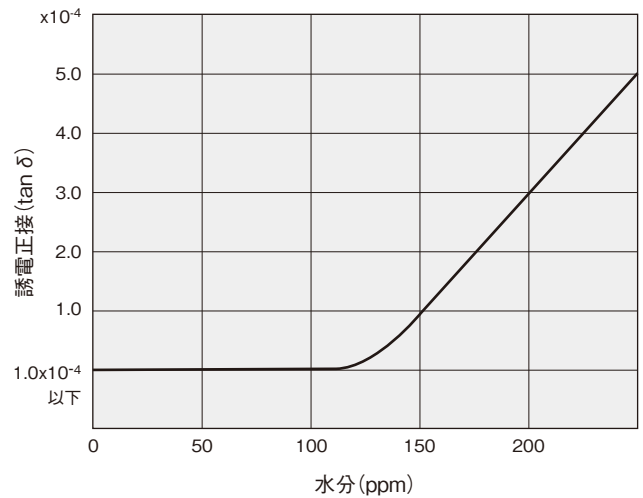


図-22 KF-96-50csの含水量と誘電正接



※ 試験条件: 25°C, 50Hz

図-23 KF-96の周波数-誘電率 (25°C)

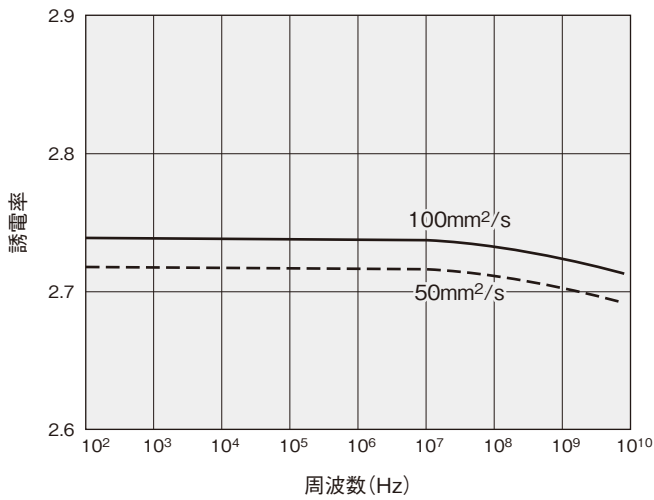


図-24 KF-96の周波数-誘電正接 (25°C)

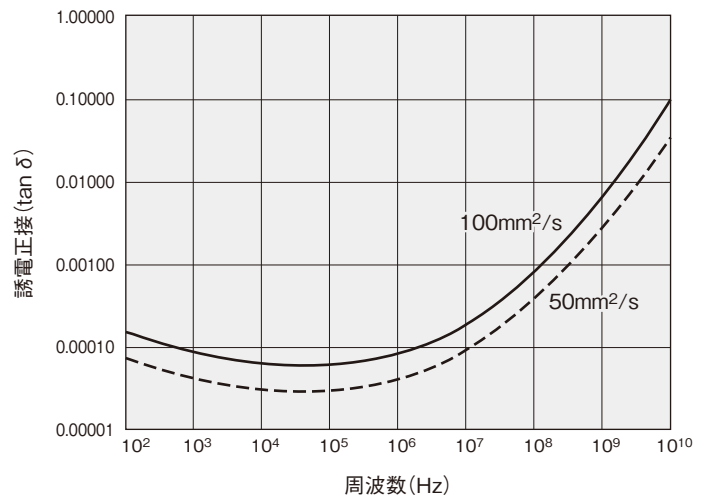


図-25 KF-96-50csの温度-誘電率

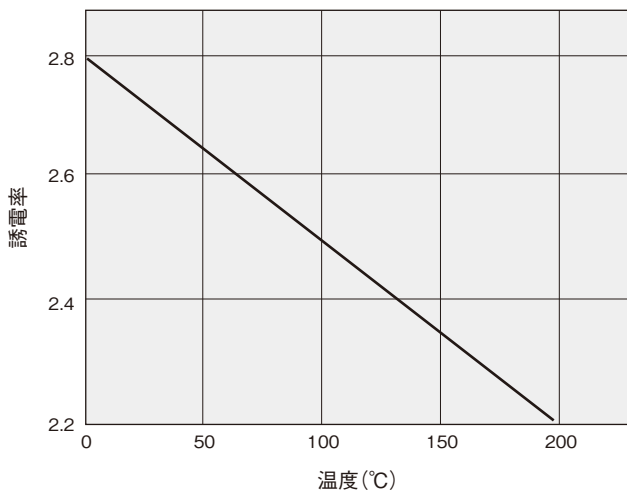
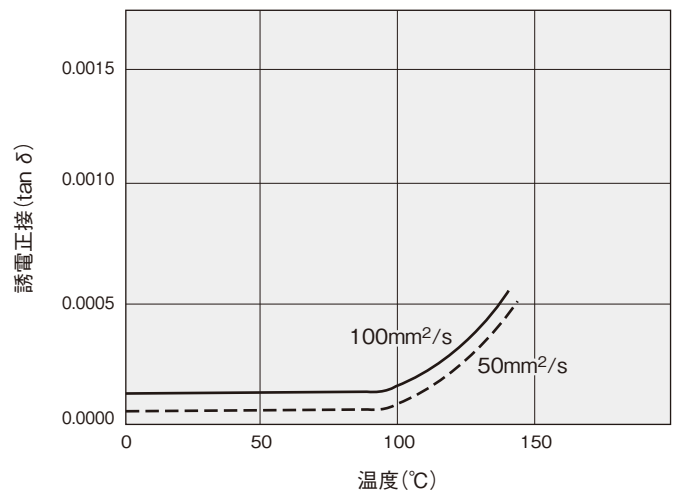


図-26 KF-96-50csの温度-誘電正接 (50Hz)



●耐アーク性

シリコンオイルの耐アーク性は、通常の鉱油系絶縁油と同じ程度です。

つぎに、発生ガス量やアーク放電により生ずる析出物などの試験結果例を表-8に示します。

表-8 アーク放電時の発生ガスについて(他の油と比較)

| 材質名 | アーク1,000回当たりの ガス発生量 (mL) | 油外放出ガス組成 (Vol %) | | | | | | | | アーク1,000回当たりの ガス析出量カーボン他 (mg) |
|---------|--------------------------------|------------------|-----|-----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|---|--------------------------------|-------------------------------------|
| | | H ₂ | CO | CO ₂ | CH ₄ | C ₂ H ₄ | C ₂ H ₂ | C ₂ H ₄ 外 C _n H _{2n} | N ₂ +O ₂ | |
| シリコン油 | 9.9 | 50.6 | 2.6 | 0.5 | 5.8 | 0.5 | 0 | 0.5 | 39.5 | 26 |
| 一般絶縁油 | 6.2 | 48.8 | 1.3 | 0 | 4.5 | 0.7 | 3.3 | 0.7 | 40.7 | 13 |
| 流動パラフィン | 7.0 | 49.4 | 2.4 | 0.4 | 2.4 | 1.2 | 2.4 | 0.6 | 41.2 | 14 |

DC断続アーク法 印加電圧100V タングステン電極

(絶縁油部技術報告「アークによる絶縁油の劣化」より)

20. 化学的安定性

KF-96は化学的に極めて不活性で、10%以下のアルカリ水溶液や30%以下の酸水溶液にはほとんど影響を受けません。しかし、高温になると前述のように酸化を受けたり、また酸、アルカリや鉛、セレン、テルルなどによってゲル化や分解が促進されます。ただし、金属の中でも銅、鉄、ニッケル、アルミニウム、スズ、銀、亜鉛、ジュラルミン、ステンレスなどにはほとんど影響を受けません。

表-10 KF-96-50csの金属に対する影響

| 材 質 | 金 属 | | | シリコンオイル KF-96-50cs | | |
|--------------------------|------|-----------|-----------|--------------------|-----------|------------------------------------|
| | 外観変化 | 重量変化率 (%) | 容積変化率 (%) | 外観変化 | 粘度変化率 (%) | 体積抵抗率 ($\Omega \cdot \text{cm}$) |
| 加熱保存前 | — | — | — | — | — | 10 ¹⁴ 以上 |
| 150°C×1,500h加熱後、金属を入れない時 | — | — | — | 変化なし | 0 | |
| アルミ | 変化なし | 0 | 0 | | | |
| 銅 | やや変色 | | | | | |
| 銅(錫メッキ) | やや変化 | | | | | |
| SUS 27 | 変化なし | | | | | |
| 鉄 | やや変色 | | | | | |
| 鉄(カドミウムメッキ) | 変化なし | | | | | |
| 鉄(ニッケルメッキ) | | | | | | |
| 鉄(亜鉛メッキ) | | | | | | |

試験条件: 150°C×1,500h密閉状態で浸漬

表-11 KF-96-100csのハンダに対する影響

| 接触条件 | ハンダの外観変化 | シリコンオイル KF96-100cs | |
|----------|----------|--------------------|-----------|
| | | 外観変化 | 粘度変化率 (%) |
| 室温接触時 | 変化なし | 変化なし | 0 |
| 70°C接触時 | | | |
| 100°C接触時 | | | |
| 150°C接触時 | | | |

試験条件: 室温、70°C、100°C、150°Cの各温度に500h浸漬

21. 腐食性

KF-96は、金属をはじめ多くの材料を腐食しません。

しかし、ゴム、プラスチックの一部には高温時に可塑剤が抽出されて容積、重量が減少する場合があります。

この傾向は低粘度のものほど大きくなります。

特にゴムシール材料と接触する場合にはご注意ください。

下表の同一プラスチックでも材質差あるいは成形条件の差により、

影響の受け方が異なりますので、事前にテストを行うことをおすすめします。

表-12 KF-96-100csの各種プラスチックに対する影響

| 材 質 | プラスチックの変化 | | オイルの変化 |
|----------|-----------|----------|--------|
| | 重量変化率(%) | 容積変化率(%) | 外 観 |
| ポリエチレン | -0.02 | -0.09 | 変化なし |
| ABS樹脂 | -0.14 | -0.16 | |
| テフロン | +0.03 | +0.15 | |
| 硬質塩化ビニル | 0 | +0.05 | |
| スチロール樹脂 | -0.04 | 0 | |
| フェノール樹脂 | +0.30 | +0.37 | |
| メタアクリル樹脂 | -0.02 | +0.08 | |
| ポリカーボネート | +0.03 | 0 | |
| アセタール樹脂 | +0.02 | +0.08 | |
| ナイロン | 0 | -0.01 | |
| 三酢酸セルローズ | +0.01 | +0.05 | |

試験条件:70°C×500h浸漬

表-13 KF-96-100csの各種ゴムに対する影響

| 材 質 | 接触条件 | 容積変化率(%) |
|---------------------|------------|----------|
| ニトリルゴム 1 | 105°C×250h | -6.7 |
| ニトリルゴム 2 | | -8.5 |
| ニトリルゴム 3 | | -6.0 |
| ブチルゴム | 105°C×250h | -8.3 |
| スチレンブタジエンゴム | | -5.9 |
| クロロプレンゴム | | -12 |
| ネオプレンゴム | | -12 |
| エチレンプロピレンジエン重合体 | 150°C×200h | -12 |
| アクリルゴム | 150°C×250h | -4.3 |
| フッ素ゴム(バイトン) | | +0.8 |
| シリコーンゴム KE-870-U | 150°C×250h | +37 |
| シリコーンゴム KE-765-U | | +41 |
| シリコーンゴム KE-951-U | | +50 |
| シリコーンゴム KE-550-U | | +51 |
| フロロシリコーンゴム FE-271-U | | +0.5 |

* シリコーンオイルはシリコーンゴムに対して影響が大きく、ゴムをかなり膨潤させます。特に低粘度のものほどその影響は大きくなります。なお、フロロシリコーンゴムは、ほとんど膨潤しません

22. 溶解性

シリコンオイル相互の溶解性

KF-96同士では、粘度が異なっても、どのような割合でも完全に溶解します。また、KF-69、KF-99、KF-965は、互いに完全に溶解しますが、KF-50には、100mm²/s以下のKF-96のみが溶解します。しかし、3,000mm²/s以上のKF-96HとKF-50、およびKF-96、KF-96HとKF-54、KF-56とは白濁して溶解しません。(KF-96Lとは相溶します)

他の有機溶剤との溶解性

KF-96は、分子間の凝集エネルギー密度が小さいため、Solubility Parameter(溶解度係数)の比較的小さい溶剤(例えば芳香族系溶剤)にはよく溶解しますが、極性で、Solubility Parameterが10以上の溶剤(例えばメタノール、エタノール、水など)には溶解しません。しかし、5mm²/s以下の粘度品にはそれ自身溶剤的挙動を示しますので、極性の大きい溶剤にも溶解性があります。

表-14 シリコンオイルの相溶性

| | KF-96-50cs | KF-96-1,000cs | KF-69 | KF-99 | KF-965 | KF-50 | KF-54 | KF-56 |
|---------------|------------|---------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| KF-96-50cs | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × |
| KF-96-1,000cs | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × | × |
| KF-69 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × |
| KF-99 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × |
| KF-965 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × | × |
| KF-50 | ○ | × | ○ | ○ | × | ○ | × | × |
| KF-54 | × | × | × | × | × | × | ○ | × |
| KF-56 | × | × | × | × | × | × | × | ○ |

○:室温で透明に溶解 ×:室温で白濁または分離

表-15 各種溶剤との溶解性(KF-96-100cs)

| 溶剤名 | 結果 | 溶剤名 | 結果 | |
|--------------|----|------------------|----|---|
| ベンゼン | ○ | イソプロピルバルメート | ○ | |
| トルエン | | イソプロピルミリスレート | | |
| キシレン | | メチルエチルケトン | | |
| ソルベントナフサ | | メチルイソブチルケトン | | |
| 工業用ガソリン | | ラウリルアルコール | | |
| ミネラルスピリット | | ジメチルセロソルブ | | |
| ケロシン | | アセトン | | △ |
| シクロヘキサン | | ジオキサン | | |
| n-ヘキサン | | ブタノール | | |
| n-ヘプタン | | 2-エチルヘキサノール | | |
| 四塩化炭素 | | アミルアセテート | | |
| クロロホルム | | 氷酢酸 | × | |
| フロロセン | | ナフテン系潤滑油 | | |
| パークロロエチレン | | メタノール | | |
| トリクロロエチレン | | エタノール | | |
| エチレンジクロライド | | エチレングリコール | | |
| メチレンクロライド | | セロソルブ | | |
| アセチルテトラクロライド | | グリセリン | | |
| メチルクロライド(液化) | | ジエチレングリコールステアレート | | |
| クロロベンゼン | | プロピレングリコール | | |
| クロロフッ化メタン類 | | 流動パラフィン | | |
| クロロフッ化エタン類 | | パラフィンワックス | | |
| エチルエーテル | | ペテロラクタム類 | | |
| ジイソプロピルエーテル | | 潤滑油 | | |
| ヘキシルエーテル | | 脂肪酸(氷酢酸を除く) | | |
| エチルアセテート | | 動植物油 | | |
| ブチルアセテート | | メチルフタレート | | |
| イソプロピルラウレート | | 水 | | |

○:溶解 △:一部溶解 ×:不溶解(室温での結果)

23. 離型性、非粘着性

シリコンオイルは表面張力が小さいので広がりやすい性質があります。(14. 表面張力参照)
また、多くのポリマーとの間の親和性が弱いので、物質と物質が接着するのを防ぐ離型効果があります。

24. はっ水性

KF-96を処理した物質表面のはっ水性は、パラフィンのはっ水性に匹敵します。はっ水性の良否を示すものとして水に対する接触角がありますが、KF-96の接触角は90°以上あります。このため、ガラス、陶器、セラミックなどの表面はっ水処理剤として幅広く使われています。

KF-96を高温で焼き付けると耐久性に優れたはっ水被膜が得られます。焼き付け方法については、32ページをご参照ください。

表-16 水に対する接触角

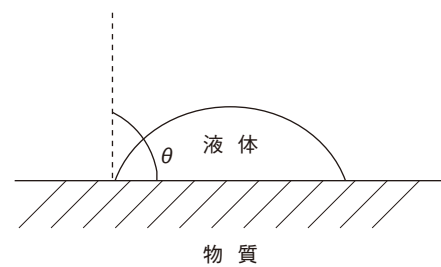
| 物質名 | 接触角(°) |
|---------------|-----------|
| パラフィン | 108~116 |
| カルナウバロウ | 107~125.3 |
| KF-96 | 90~110 |
| ナフタリン | 62 |
| ナイロン | 70 |
| ポリエチレン | 94 |
| ポリ塩化ビニル | 87 |
| ポリスチレン | 91 |
| ポリテトラフルオロエチレン | 108 |

(化学便覧より)

●接触角

接触角とは、空気中にある固体表面上に液体を置いたとき、固体、液体、気体の3相の接触点で、液体面に接線を引き、液体を含む側の固体表面と挟まれた角(θ)を接触角といいます。この θ の大小で固体表面の濡れの度合いが測られます。すなわち、この θ が小さければ液体は固体表面を拡がるため、よく濡れ、また大きければ濡れにくくなり、さらに $\theta > 90^\circ$ であれば、固体はまったく濡れません。

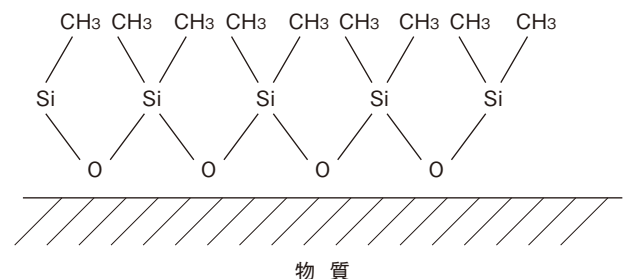
KF-96の焼き付け皮膜の水に対する接触角は90°~110°、パラフィンは108°~116°でともに $\theta > 90^\circ$ です。



●KF-96のはっ水機構

KF-96を物質の表面に焼き付け処理すると、右図のように疎水性のメチル基(CH₃-)が外の方へ向いた状態になるため、はっ水性を示します。

清浄なガラスの表面は約4°ですので、シリコンの焼き付け被膜のはっ水性がいかに優れているかがよくわかります。



25. 放射線による影響

シリコンオイルに放射線を照射すると、分子間に架橋が起こり、粘度が上昇します。また、それに伴って比重と屈折率もわずかに増加し、照射量が大きければ、ついにはゲル化します。

この安定性は、メチルフェニルシリコンオイルの方がジメチルシリコンオイルよりも優れ、フェニル基の含有量が多くなるほどその安定性は大きいとされています。

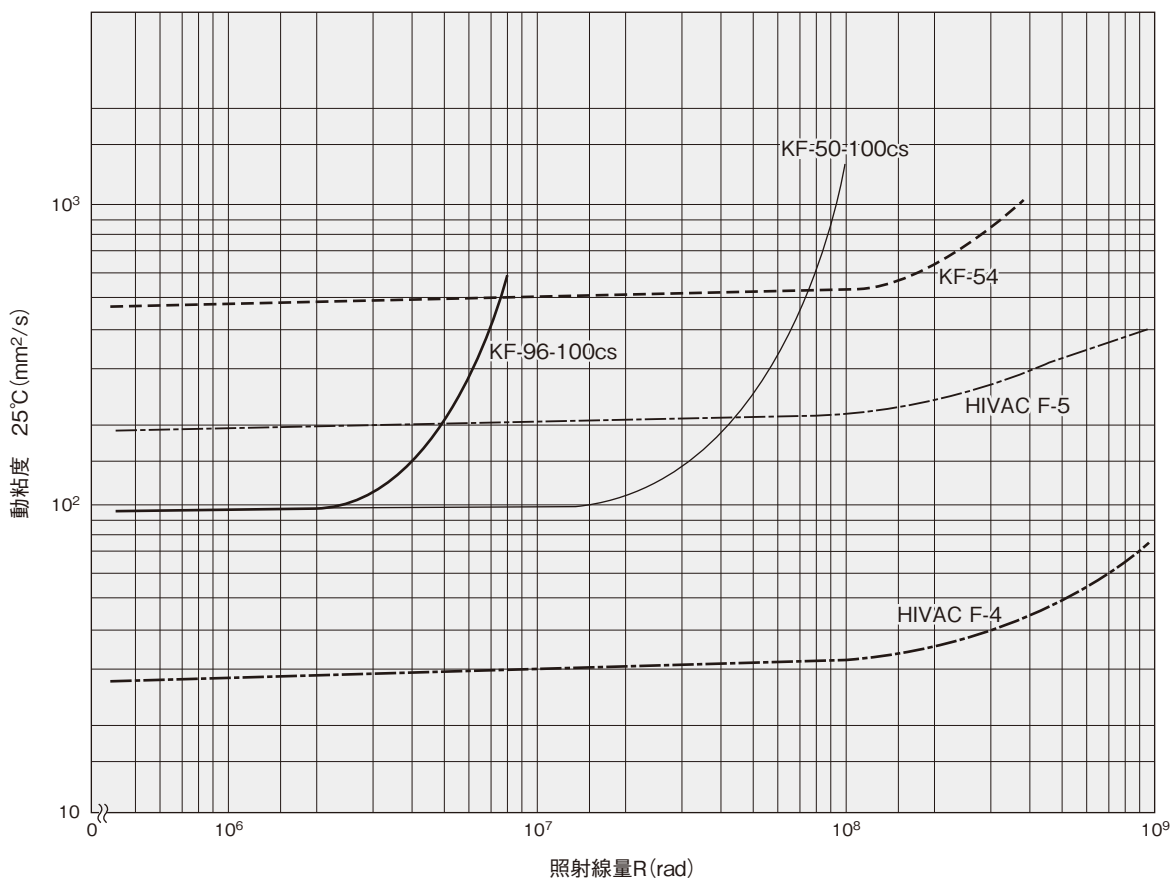
放射線の影響は、このほか電氣的性質の面でも起こります。たとえば、シリコンオイルに γ 線を室温で照射すると誘電率はわずかに増加し、その増加量は照射量に比例します。

また、メチルフェニルシリコンオイルではわずかの照射で誘

電正接が大きく増加し、体積抵抗率および絶縁破壊の強さも照射によって減少します。これに対してジメチルシリコンオイルはメチルフェニルシリコンオイルほど誘電正接、体積抵抗率の変化はありません。

このように、メチルフェニルシリコンオイルは放射線照射に対して安定していますが、誘電特性など電気特性の変化が大きいため、用途によっては制約を受けます。これに対し、ジメチルシリコンオイルは放射線量によりゲル化するまで電氣的な劣化が少ないという利点があるため、照射量が比較的少ない場合には電気特性を重視するような用途にも最適です。

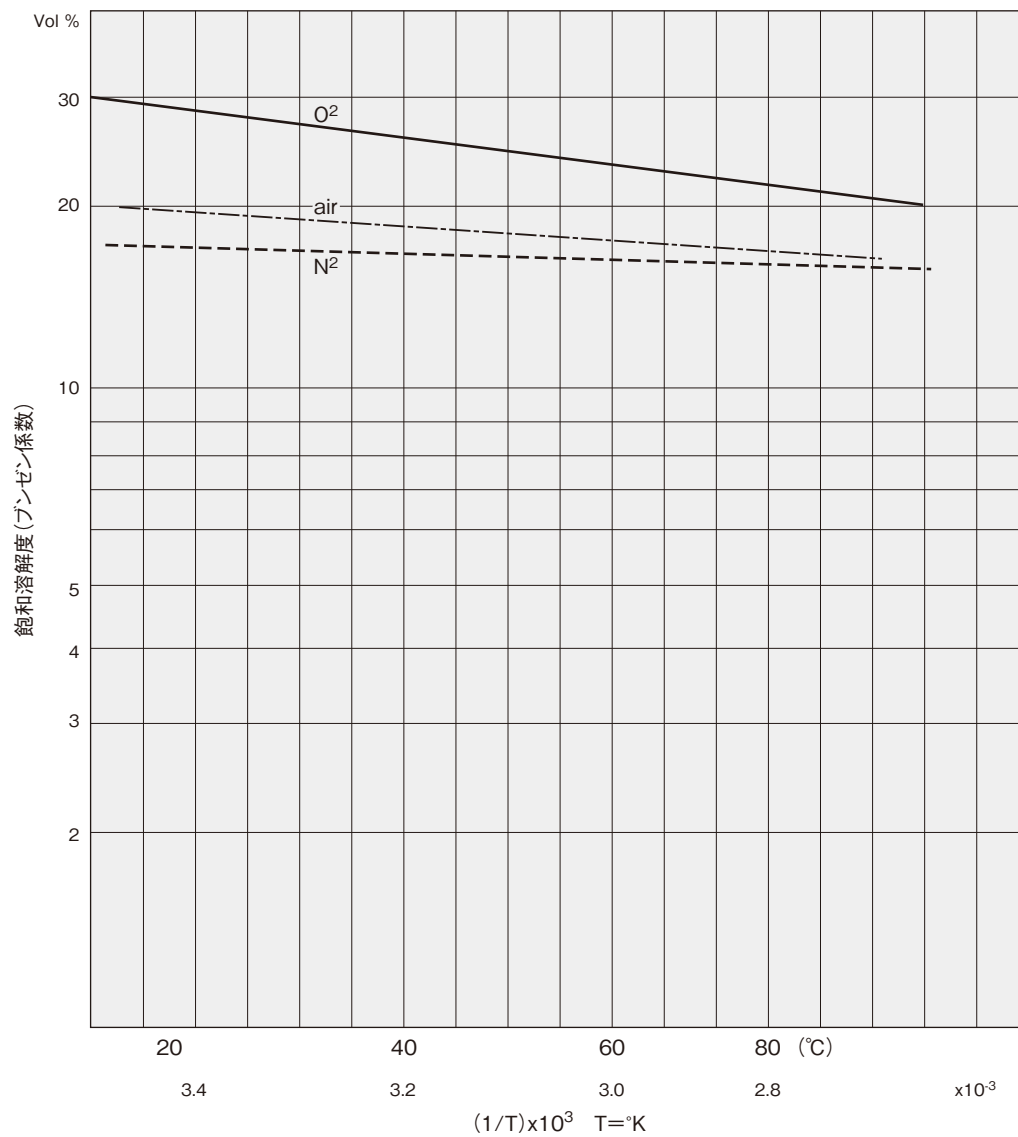
図-27 シリコンオイルの耐放射線性



26. ガス溶解性

KF-96は空気、窒素、炭酸ガスを溶解します。その溶解量は普通の鉱油よりも大きく、
 空気で16~19容量%、窒素で15~17容量%、炭酸ガスではほぼ100容量%を溶解することが報告されています。
 従って、減圧下で使用するような場合には、あらかじめ脱気する必要があります。
 酸素、空気、窒素、それぞれのガス圧1気圧下の飽和溶解度と温度の関係を図-28に示します。

図-28 酸素、空気、窒素のシリコンオイルに対する飽和溶解度と温度の関係



27. 生理作用

一般にKF-96は生理的に不活性です。特に低粘度品を除いては、大量に摂取しない限りほとんど無害です。

このため、化粧品原料、医薬部外品などに幅広く使われています。

なお、姉妹品のKF-96ADFシリーズは食品衛生法適合品です。

※ KF-96は特に医療用として調整したものではありませんので、整形材料としてご使用にならないください

●各種安全性試験結果

KF-96は動物実験、各種文献からもその安全性が確認されています。代表的な試験結果例を下記に示します。

1. 皮膚貼布試験

●試験方法

人体上腕内側部に24時間貼布し、顕微鏡により反応を観察。

●試験結果

| 製品名 | 判定 |
|-------------|-----|
| KF-96L-5cs | 準陰性 |
| KF-96-10cs | 陰性 |
| KF-96-100cs | 陰性 |

陰性と準陰性は実用上問題ないとされています

●判定基準

| 刺激ランク | 顕微鏡判定 | | | | 肉眼判定 | |
|-------|------------------------|-----|-----|-----|------|------|
| | B刺激 | | | | C刺激 | D刺激 |
| 判定基準 | (試験体刺激指数)-(コントロール刺激指数) | | | | 1例以上 | 1例以上 |
| | 0 | 1~2 | 3 | 4以上 | | |
| 判定評価 | 陰性 | 準陰性 | 準陽性 | 陽性 | 陽性 | 陽性 |

被験者数:20名(日本産業皮膚衛生協会)

2. 眼粘膜刺激試験

● 試験条件

動物:日本白色種ウサギ

サンプル:KF-96L-5cs

● 試験結果

角膜、虹彩にまったく影響ありません。

なお、結膜に対してわずかに炎症が見られますが、一般洗剤に比べてはるかに弱いレベルです。

3. 急性毒性試験※

● 試験条件

動物:ラット

サンプル:KF-96L-5cs

● 試験結果

雄、雌ともにLD₅₀は5,000mg/kg以上

※ 急性毒性試験

一般に、ある大量の物質を一回、試験動物(ラットが推奨される)に与えた場合にあらわれる致死量を求める。

通常LD₅₀(50% Lethal Dose:50%致死量)で表現します。

毒性の区分は下の表をご参照ください。

毒性の強さの区分

| 区分 | LD ₅₀ (mg/kg bw) | 危険有害性情報 |
|----|----------------------------------|-------------|
| 1 | LD ₅₀ ≤ 5 | 飲み込むと生命に危険 |
| 2 | 5 < LD ₅₀ ≤ 50 | 飲み込むと生命に危険 |
| 3 | 50 < LD ₅₀ ≤ 300 | 飲み込むと有毒 |
| 4 | 300 < LD ₅₀ ≤ 2,000 | 飲み込むと有害 |
| 5 | 2,000 < LD ₅₀ ≤ 5,000 | 飲み込むと有害のおそれ |

※ 化学品の分類および表示に関する世界調和システム(GHS)による

28. 除去方法

KF-96が成型品の表面に付着していると、接着、塗装、印刷に不具合が生じることがあります。

このような場合は、変性シリコンオイル(KF-410、KF-412)を使用するか、または表面のオイルを除去してください。

除去には次のような方法があります。

1. 溶剤による洗浄

KF-96を溶解する溶剤(表-15参照)を用いて洗浄してください。

なお、プラスチック類、特にスチロール、アクリル樹脂などは耐溶剤性が悪いので溶剤の選択には、十分ご注意ください。

2. 洗剤による洗浄

KF-96を完全に取り除くには手間がかかりますが、中性洗剤、洗剤入り磨粉などを用い、ブラシやウエス(ぼろ布)などで十分こすります。このとき、中性洗剤の濃度が低いと洗剤がはじかれて洗浄に手間がかかりますので、できるだけ高濃度でご使用ください。

3. アルカリ水溶液による洗浄(一例)

アルカリ水溶液は、下記に示す配合が適しています。配合物中、カセイソーダとカセイカリは一方のみでも20部以上添加しておけば、多少洗浄力が劣るだけで同様に使用できます。金型にシリコンが多量に付着しているときは、ウエスなどでよく拭き取り、まず溶剤で洗浄をします。

つぎに、このアルカリ水溶液に約一時間程浸し、さらに、アルカリ分が完全になくなるように十分水洗いします。

【配合】

カセイソーダ13部、カセイカリ13部、
エタノール33部、メタノール4部、水37部

【注意事項】

アルミニウムなどの金属には、酸、アルカリ溶液は使用しないでください

29. 着色方法

KF-96は無色透明のため、計器油などとして使用するときには、液面を判読するのが困難なことがあります。

このようなときには、市販の油溶性染料を加えることによって着色することができます。

油溶性染料のKF-96に対する室温での溶解度は一般に0.01～0.02%程度です。

なお、顔料はKF-96には一般に溶解せず、初めに十分分散していても長時間放置しておくと沈降してしまいます。

つぎに、代表的な着色染料を表-17に示します。

表-17 KF-96の着色染料

| 色 | 染料 | 構造 |
|---|--------------|----------|
| 赤 | Red RR | アゾ系 |
| | Red 5B | アゾ系 |
| | Red # 330 | アントラキノン系 |
| 黄 | Yellow 3G | アゾ系 |
| | Yellow GG | アゾ系 |
| 青 | Blue II N | アントラキノン系 |
| 緑 | Green # 502 | — |
| 茶 | Brown GR | アゾ系 |
| 紫 | Violet # 732 | アントラキノン系 |
| 黒 | Black # 803 | — |

着色染料メーカーは、いずれもオリエント化学工業(株)

30. 焼き付け方法

KF-96は熱酸化安定性に優れているため、焼き付け処理する場合は、300℃程度の高温処理が必要です。

1. KF-96の選択

一般にはっ水処理用には、100～500mm²/sの粘度が適しています。

2. 希釈剤と濃度

KF-96の塗布厚は、表面にシリコンが一様にいきわたる程度が最適です。ガラスは2～5%、セラミック、陶磁器は3～7%の濃度を目安にしてください。希釈剤は表-15をご参照ください。

3. 焼き付け方法

KF-96を塗布した基材（処理物）は、焼き付ける前に風乾もしくは50～70℃の温度で加熱乾燥させてください。これは溶剤を完全に除去するために行います。焼き付け条件は、200～350℃で5～20分ですが、被処理物により異なります。300℃、5分を標準として最適条件を前記温度と時間の範囲でさがしてください。

焼き付け炉は、加熱器が赤熱していない状態が好ましく、また屋外に排気口を取り付けてください。

4. その他

1. 被処理物の表面は、良く洗浄しておく必要があります。一見、清浄に見えるガラスなどでも、300℃近い温度をかけると、付着物が炭化したりして着色してしまいます。また、被処理物の表面が汚損していると、KF-96の希釈液が一様に塗布できなくなることがあります。このため洗浄は、水（石けん水などを用いるときは、後の水洗いを十分にする）、あるいは溶剤類で入念に行ってください。
2. 被処理物の表面の状態によっては、処理液がはじかれることがあります。このようなときは、溶剤を変えるか、アルコール（エタノール、プロパノール、ブタノールなど）を若干加えてみてください。なお、溶剤としてKF-96L-0.65csを用いると極めて効果的な場合もあります。
3. 焼き付け炉で、希釈剤に引火性のある溶剤を使用するときは、ヒーターは赤熱するものを使用しないでください。また、塩素化溶剤（四塩化炭素、トリクロロエチレン、パークロロエチレンなど）が残留したままのものを焼き付け炉に入れると、溶剤が分解して有害ガスが発生する恐れがあります。また、他の溶剤が残留していると爆発の危険性がありますので、焼き付け炉は密閉せず、できるだけ屋外に排気口を取り付けてください。
4. このほか、信越シリコンの中でガラス類などのはっ水処理剤として使用できる製品は、KF-99、KS-705F、KM-722T、KM-740T、KM-780、KM-782、KC-89、KR-251、KR-282、などがあります。
詳細については、当社にお問い合わせください。

31. 吸湿量、脱水処理法

KF-96は、一般に100～200ppmの水分を含有しています。このため、特に高電圧の電気絶縁油として使用する場合には、絶縁性能の向上や電気特性の安定化のため脱水処理を行う必要があります。

図-29にK-F96の水分含有量と相対湿度の関係、図-30にKF-96の吸湿速度の測定事例を示します。

吸湿速度はその保管状態によってかなり異なりますが、図から

見ても短時間で吸湿することが認められています。

KF-96の脱水には、加熱、真空加熱、乾燥不活性ガスの吹き込み、あるいはシリカゲルなどによる脱水剤を用いる方法などがあります。

図-31に減圧下での加熱乾燥による脱水速度の測定例を示します。

図-29 KF-96-50csの含水量と相対湿度 (25℃)

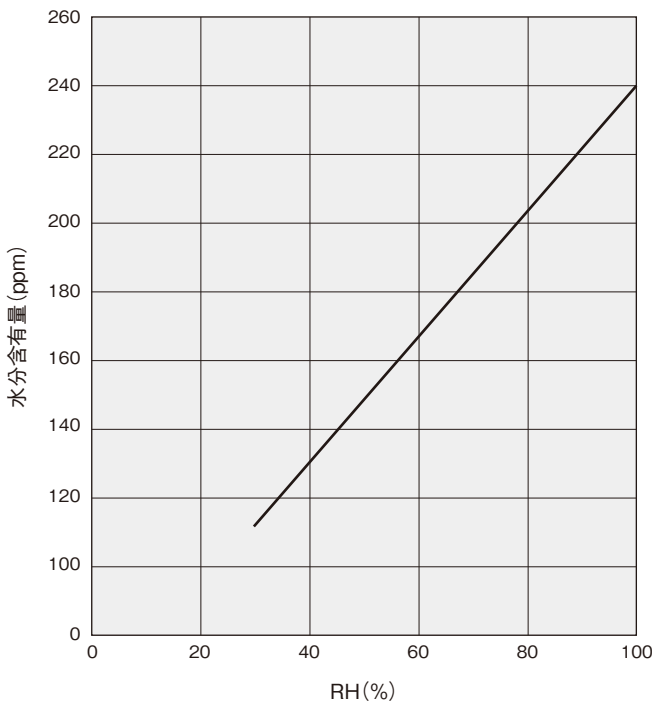
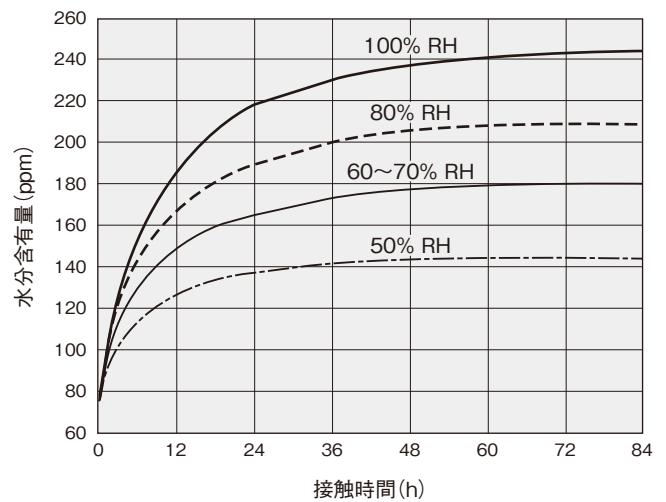
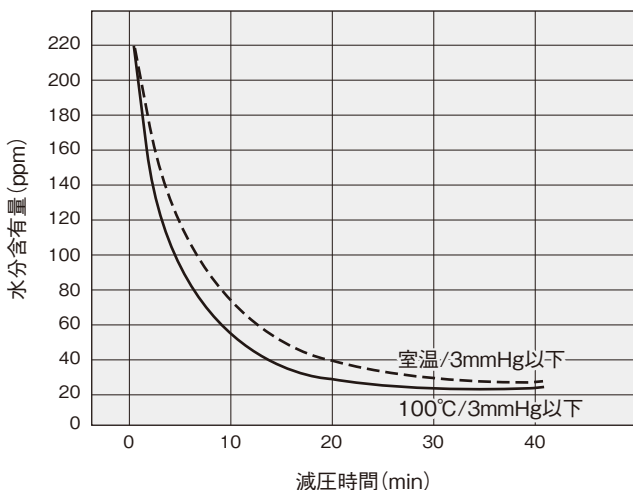


図-30 KF-96-50csの吸湿速度



測定条件:
KF-96-50cs、約300gを1Lビーカーに取り、グリセリン水溶液を用いて25℃での各種RH雰囲気中で吸湿させたときの吸水量変化を測定した。水分はカールフィッシャー法により測定

図-31 KF-96-50csの脱水曲線



脱水条件:
ガラス容器 (50mmφ) に液厚10mm量のサンプルを取り、室温または100°Cで3mmHg以下に減圧し連続脱水した (1mmHg≒133Pa)

1. 脱水剤による方法

KF-96に多量の水が混入して容器の底に水が溜っていたり、またKF-96が白く濁っているときは、脱水剤を用いて簡単に脱水することができます。

水玉状の水は、別容器に取り除いたあと、完全に乾燥したシリカゲルをKF-96中に投入して、強く攪拌したり、あるいは振とうを行って、完全に透明にする必要があります。

脱水が終わったら静置して、シリカゲルを沈降させ、上ずみのKF-96を留めます。

2. 加熱による方法

水分のため半透明に濁っている場合や、100ppm以下までKF-96の水分を取り除くときは、減圧下で100～150℃に加熱するか、あるいは加熱しながら乾燥した不活性ガスを吹き込む方法で脱水することができます。加熱するときは、できるだけ油の層を薄くすると効果があります。

この際、冷却後、KF-96の濁りがなくなれば、脱水されたこととなります。

電気絶縁油として高い耐電圧を要求されるときには、減圧下での加熱や加熱しながら不活性ガスを吹き込む方法などで脱水することが必要です。減圧下で、加熱のときに静置しておくことで脱水速度が遅くなりますから、油層をできるだけ薄くすることが必要です(図-31に減圧下での加熱乾燥の脱水速度の例を示します)。

このとき、攪拌や振とうを行うことによって、脱水速度を早めることができます。

【注意事項】

KF-96は、一般の雰囲気中で短時間のうちに200ppm程度まで吸湿しますから、脱水処理後は密閉容器に封入するか、あるいは乾燥空気中に保存してください。

32. 取り扱い上の注意事項

品質・保存・取扱いについて

1. KF-96は工業用です。医療、食品、化粧品など、特に安全性が要求される場合は各種基準に適合するかどうかよく検討した上、ご使用ください。
2. KF-96は、熱、光、酸、アルカリなどによって変質することがありますので、密封して冷暗所に保存してください。
3. KF-96は化学的に不活性ですが、一部の合成ゴム、プラスチックなどと接触した際、可塑剤が抽出されて容積、重量が減少する場合がありますのでご注意ください。

安全・衛生について

1. KF-96は、皮膚への刺激性はありませんが、取り除きにくい
ため、ゴム手袋、安全めがねなどの保護具を着用し、皮膚、
粘膜につかないようご注意ください。皮膚、粘膜についた
場合はウエス、ガーゼなどで拭き取った後、石けんや流水
で十分洗浄してください。
2. 万一、KF-96が目に入った場合は、直ちに流水で15分間以
上洗い流し、必要に応じて医師の診断を受けてください。
3. 揮発性のKF-96を使用する場合は換気に十分注意し、でき
るだけ蒸気を吸入しないようご注意ください。
4. 一般にKF-96は、空气中で150℃以上の高温で使用すると
徐々に酸化分解が起こります。この際、刺激性のホルムアル
デヒドガスなどが発生しますので、高温条件でご使用の際
は、吸入しないよう換気に十分注意してください。
5. ご使用前に製品安全データシート(MSDS)をお読みくださ
い。MSDSは、担当営業部署までご依頼ください。
6. 子供の手の届かない所に保管してください。

33. 消防法による危険物分類

下記の製品は、消防法の危険物または指定可燃物に該当しますので、火気厳禁など、法に準じた保管・取り扱いが必要です。

| 分類 | | 該当製品 | 指定数量 |
|-------|--------|-------------------------|-----------------|
| 第四類 | 第一石油類 | KF-96L-0.65cs | 200L |
| | 第二石油類 | KF-96L-1cs、KF-96L-1.5cs | 1,000L |
| | 第三石油類 | KF-96L-2cs～KF-96-10cs | 2,000L |
| 指定可燃物 | 可燃性液体類 | KF-96-20cs～KF-96H-10万cs | 2m ³ |
| | 合成樹脂類 | KF-96H-30万cs以上 | 3,000kg |

※ 20cs以上は危険物に該当しませんが、指定数量以上保管する場合には、
指定可燃物に該当しますので、表示など、保管上の注意が必要となります

シリコンオイルについてのお問い合わせは

本社 シリコン事業本部 〒100-0004 東京都千代田区大手町2-6-1 朝日生命大手町ビル

営業第一部 ☎ (03)3246-5132

大阪支店 〒550-0002 大阪市西区江戸堀1-11-4 損保ジャパン肥後橋ビル ☎ (06)6444-8219

名古屋支店 〒450-0002 名古屋市中村区名駅4-5-28 桜通豊田ビル ☎ (052)581-6515


福岡支店 〒810-0001 福岡市中央区天神1-12-20 日之出天神ビル ☎ (092)781-0915

ご用命は

- 当カタログのデータは、規格値ではありません。また記載内容は仕様変更などのため断りなく変更することがあります。
- ご使用に際しては、必ず貴社にて事前にテストを行い、使用目的に適合するかどうかご確認ください。なお、ここで紹介する用途や使用方法などは、いかなる特許に対しても抵触しないことを保証するものではありません。
- 当社シリコン製品は、一般工業用途向けに開発されたものです。医療用その他特殊な用途へのご使用に際しては貴社にて事前にテストを行い、当該用途に使用することの安全性をご確認のうえご使用ください。なお、医療用インプラント用には絶対に使用しないでください。
- このカタログに記載されているシリコン製品の輸出入に関する法的責任は全てお客様にあります。各国の輸出入に関する規定を事前に調査されることをお勧めいたします。
- 本資料を転載されるときは、当社シリコン事業本部の承認を必要とします。







当社のシリコン製品は品質マネジメントシステムおよび環境マネジメントシステムの国際規格に基づき登録された下記事業所および工場にて開発・製造されています。

| | |
|-------|---|
| 群馬事業所 | ISO 9001 ISO 14001 (JCQA-0004 JCQA-E-0002) |
| 直江津工場 | ISO 9001 ISO 14001 (JCQA-0018 JCQA-E-0064) |
| 武生工場 | ISO 9001 ISO 14001 (JQA-0479 JQA-EM0298) |

<https://www.silicone.jp/>