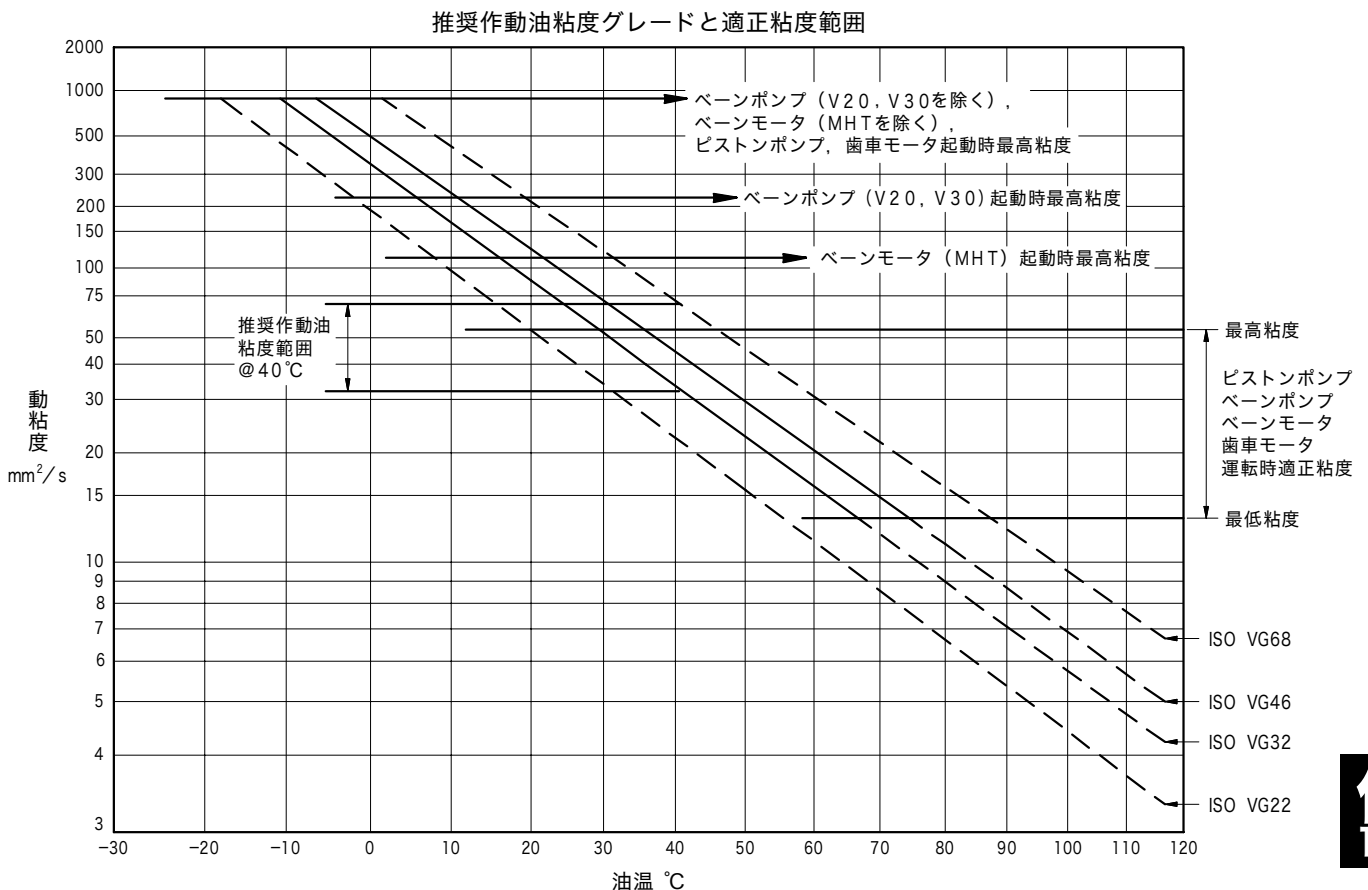


技術資料

Technical information

目次

| | |
|---------------------------------|------|
| 油圧作動油 (作動油としての条件とその種類および保守) | 付1-2 |
| 油圧配管選定表 (配管サイズ決定のために) | 付1-4 |
| 主な計算式 (油圧ポンプ、油圧モータ、シリンダ等の主な計算式) | 付1-5 |



油圧作動油

Hydraulic Fluid

作動油は油圧装置において、動力の伝達と潤滑の二つの働きをおこなう重要な要素になりますから、作動油メーカーとも相談され、慎重に選択してください。このとき、油圧ポンプ、モータの機能および耐久性に適合する作動油を基準として選んでいただければ、各種制御弁にたいしては、ほとんど問題ありません。ただし、一部の制御弁には水・グリコール系作動油では使用できないものもありますので、注意してください。

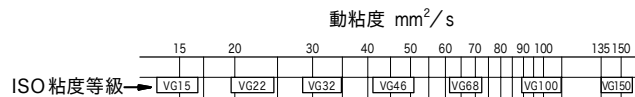
作動油の粘度

粘度は流体の流動抵抗値を支配するもので、油圧システムの性能を決める重要な要因となるものです。

使用する油圧機器のしゅう動部分に十分なシール効果と潤滑性を保証し、キャビテーションによる機器部品のエロージョンや騒音・振動の発生を防ぐために、適正な粘度範囲で使用する事が重要です。このため、ご使用になるポンプ、モータの種類に合わせて、下表の条件を満たす作動油を選択してください。

| 機器の種類 | 粘度等級 | 粘度範囲 mm ² /s | |
|----------------------|---------|-------------------------|---------|
| | | 運転時 | 起動時(最高) |
| ベーンポンプ (V20, V30) | VG32-68 | 13~54 | 220 |
| ピストンポンプ | | | 860 |
| ベーンポンプ (V20, V30を除く) | | | |
| ベーンモータ (MHTを除く) | | | |
| 歯車モータ | | | |
| ベーンモータ (MHT) | | | 110 |

●各粘度等級 (VG) の40°Cにおける粘度範囲を下に示します。



●SAE10相当油はVG32とVG46の間にあり、SAE20-20WはほぼVG68に相当します。

●各粘度等級 (VG) の上記粘度範囲と温度の関係を下表に示します。

| 粘度等級 | 基準粘度 mm ² /s @40 °C | 基準粘度の作動油の限界温度 °C | | | |
|------|--------------------------------------|------------------|---|------------------------|------------------------|
| | | 運転時 | 起動時 (最低温度) | | |
| | | | 54 mm ² /s~ 13 mm ² /s | 860 mm ² /s | 220 mm ² /s |
| VG32 | 32 | 27~62 | -12 | 6 | 14 |
| VG46 | 46 | 34~71 | -6 | 12 | 22 |
| VG68 | 68 | 42~81 | 0 | 19 | 29 |

●適正粘度範囲と推奨作動油粘度等級の線図が前ページにありますので合わせてご参照ください。

●車両用としてご使用になる場合は、別途ご相談ください。

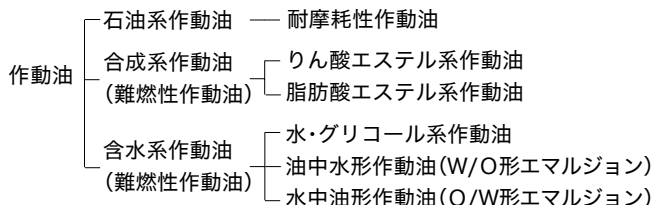
作動油としての条件

油圧装置が満足に運転されるためには、作動油の性質として

- 潤滑性、耐摩耗性が良いこと
- 使用温度範囲で適正な粘度があり、高・低温で変質しにくいこと
- 酸化安定性、せん断安定性が良いこと
- 防錆性があること
- 油圧機器、配管、継手類に使用される金属、エラストマ、塗料と反応しないこと
- 消泡性が良いこと
- 水分などの混入時に分離性、抗乳化性が良いことを備えている必要があります。

作動油の分類

作動油として使用されるものを分類すると下のようになります。



各種作動油の一般特性の概要

| 種類 | 石油系 | りん酸 エステル系 | 脂肪酸 エステル系 | 水・グリコール系 | W/O形 エマルジョン | O/W形 エマルジョン |
|-------------|------------|---------------|--------------|---------------|----------------|----------------|
| 性状 | | | | | | |
| 比重 (15/4°C) | 0.87 | 1.1~1.3 | 0.90 | 1.04~1.1 | 0.93 | 1.0 |
| 粘度 | 小~ 非常に大 | 小~大 | 中 | 小~大 | 小 | 小 |
| 粘度指数 (VI) | 70~150 | 低~高 30~180 | 高い | 高い 140~170 | 高い 130~170 | 非常に高い |
| 蒸気圧 | 小 | 小 | 小 | 大 | 大 | 大 |
| 石油系との混合 | — | 3% | 可 | 3% | 可 | 不可 |

石油系作動油

次の石油系作動油を推奨します。

●耐摩耗性作動油

耐摩耗性を高める十分な量の添加剤を含んだ作動油で、一般にASTM-D2882のような摩耗試験に基づいて改良された作動油です。

難燃性作動油

合成系または含水系難燃性作動油は、火災の危険がある場所で油圧装置が使われる場合に使用されますが、これらの作動油は石油系作動油と比べると、

- 潤滑性が劣る場合が多い
 - 金属材料やエラストマにたいして不適合なものが多い
 - 種々の混合物質によってスラッジを発生したり、作動油自体の分離・変質が起こりやすい
 - 含水系作動油は水の沸騰によるキャビテーションを発生しやすく、また電気分解による金属腐食をおこしやすい
- といった欠点がありますので、ご使用にあたって十分に注意してください。

1. 潤滑性

石油系作動油を使用する場合を1とすると、各難燃性作動油を使う場合の油圧機器の寿命は、経験的に次表のようになります。

| りん酸 エステル系 | 脂肪酸 エステル系 | 水・グリコール系 | W/O形 エマルジョン | O/W形 エマルジョン |
|--------------|--------------|----------|----------------|----------------|
| 0.75~1 | 0.75~1 | 0.5~0.7 | 0.7~0.8 | 0.4~0.6 |

2. 使用材料との適合性

シール材、金属、塗料との適合性は下表のとおりです。

| 分類項目 | りん酸エステル系 | 脂肪酸エステル系 | 水・グリコール系 | W/O形エマルジョン | O/W形エマルジョン |
|--------|--|--|---|---|----------------------------|
| シール材 | 適用可 ふっ素ゴム シリコンゴム ブチルゴム エチレンプロピレンゴム ふっ素樹脂 革 | ニトリルゴム ふっ素ゴム シリコンゴム エチレンプロピレンゴム ウレタンゴム ふっ素樹脂 クロロプレン革 | ニトリルゴム ふっ素ゴム ブチルゴム エチレンプロピレンゴム ふっ素樹脂 クロロプレン革 | ニトリルゴム ふっ素ゴム ふっ素樹脂 クロロプレン革 | ニトリルゴム ふっ素樹脂 クロロプレン革 |
| | 適用不可 ニトリルゴム ウレタンゴム クロロプレン | ブチルゴム | シリコンゴム ウレタンゴム 革 | シリコンゴム ブチルゴム エチレンプロピレンゴム ウレタンゴム 革 | |
| 不適合の金属 | アルミニウム | | 亜鉛 カドミウム アルミニウム マグネシウム | 亜鉛 カドミウム 銅 | アルミニウム |
| 塗料 | 塗装をしないか、または塗料メーカーとご相談のうえ、適合するエポキシ系またはポリウレタン系樹脂塗料を使用してください。 | | | | |

3. 使用温度限界

難燃性作動油の寿命を長く維持するためには、一般に下記の使用温度限界がありますので温度管理に注意してください。
とくに含水系作動油の場合には、作動油メーカーとご相談の上、運転中の油温の管理、および性状の定期的点検をお奨めします。

| 分類 | りん酸エステル系 | 脂肪酸エステル系 | 水・グリコール系 | W/O形エマルジョン | O/W形エマルジョン |
|-----------------|----------|----------|----------|------------|------------|
| 低温～高温 使用限界 ℃ | -20～100 | -5～100 | -30～50 | 0～50 | 0～50 |

4. 難燃性作動油の保守

難燃性作動油を使用する場合には、石油系作動油と異なった特性がありますので、作動油メーカーとご相談の上、定期的点検をお奨めします。

一般的な注意事項を下に列記します。

- 油タンク、配管、フィルタ等の材料、内面塗装は、作動油との適合性に十分注意して選定すること。
- 作動油の比重が石油系より大きいので、ポンプ吸込み抵抗など流動抵抗の増加に注意すること。
- 作動油の性質としてスラッジを発生しやすいので、フィルタの目詰まりに注意すること。
- 新油との交換、または石油系から難燃性作動油に交換する際には、十分にフラッシングをおこない、両者の混合を避けること。
- 消泡性が石油系と比べて劣るので、油タンクは容積を大きめにし、ポンプが気泡を吸い込まない構造にすること。
- 合成系作動油の場合、クーラからの水漏れ、油タンク内の気相壁に生ずる水蒸気の凝縮水などによる水分の混入で金属腐食をおこすことがあるので注意すること。
- 含水系作動油の場合、運転中の油温に十分注意し、また定期的に含水率の点検をおこなって不足水分(蒸留水)を補給すること。また貯蔵時の凍結、融解の繰返しで分離するものもあるので、注意すること。

作動油の交換基準

油圧システムの機能を長期間維持するために、つねに作動油の性状と清浄度を管理することが必要です。すなわち定期的な点検・分析を作動油メーカーに依頼して記録しておくこと、そして下記の性状値を限界として交換することをお奨めします。

●作動油性状による交換基準

| 点検項目 | 交換限界値 |
|----------------------------|--------------|
| 粘度変化(@40 ℃) | ±10 % |
| 中和価 mg KOH/g | 1.0(耐摩耗性作動油) |
| 沈殿物(重量%) | 0.1 |
| 水分(重量%) | 0.05 |
| ノルマルペンタン不溶分とベンゼン不溶分の差(重量%) | 0.02 |
| 清浄度 | 下表参照 |

*白濁状態の作動油は多量の水分を含んでいるので、ただちに交換してください。

●推奨清浄度と使用フィルタの推奨ろ過性能

| ISOコードによる推奨清浄度 | 油圧システムの種類 | フィルタの推奨ろ過性能(絶対ろ過粒度) μm |
|----------------|-------------------------------------|------------------------|
| 19/15 | ～15 MPaの圧力で使用される一般油圧システム | 25 |
| 18/14 | 15～25 MPaの圧力で使用される一般産業機械、車両機械油圧システム | 10～25 |
| 16/13 | 25 MPa以上の圧力で使用される高圧システム | 5～10 |
| 15/11 | 航空機、精密工作機械などのサーボ弁を含む高圧あるいは高信頼性システム | 5以下 |

*ISOコードによる清浄度の表示は、ISO 4406に準じたコードで、作動油中の汚染ゴミ粒子の大きさや数によって区分してコード化し、作動油の汚染状態を示す方法です。

上表の推奨清浄度を示す数値は、それぞれ5 μm以上と15 μm以上の汚染ゴミ粒子の数で決まる清浄度レベルコードを表します。すなわち19/15とは5 μm以上の汚染ゴミ粒子数がレベル19、そして15 μm以上の粒子数がレベル15であることを示しています。

上表の清浄度レベルコードは、1 mL中に含まれる汚染ゴミ粒子数にたいして、次のように区分されています。

| 清浄度レベル | 粒子数 (1 mL中に含まれる最大数) |
|--------|------------------------|
| 19 | 5,000 |
| 18 | 2,500 |
| 17 | 1,300 |
| 16 | 640 |
| 15 | 320 |
| 14 | 160 |
| 13 | 80 |
| 11 | 20 |

油圧配管選定表

Selection of oil flow velocity and pipe sizes in a hydraulic system

| 使用区分 | | ポンプ吸込配管 | | | | | | 戻り配管 | | | | 圧力配管 | | | | | | 最高使用圧力 | | | | | | | |
|------|-------|--|----------|----------|-------------------------|-----------|-------------|--|-------------|----------|----------|--|-----------|-------------|----------|----------|-------------------------|-----------|-------------|--------|----|--------|----|------|----|
| 呼び径 | | JIS G3454 圧力配管用炭素鋼鋼管 STPG370 スケジュール40 | | | | | | JIS G3454 圧力配管用炭素鋼鋼管 STPG370 スケジュール80 | | | | JIS G3455 高圧配管用炭素鋼鋼管 STS370 スケジュール160 | | | | | | 7 MPa | | 14 MPa | | 21 MPa | | | |
| A | B | 外径 mm | 厚さ mm | 内径 mm | 管内面積 cm ² | 流速 m/s | 流量 L/min | 流速 m/s | 流量 L/min | 厚さ mm | 内径 mm | 管内面積 cm ² | 流速 m/s | 流量 L/min | 厚さ mm | 内径 mm | 管内面積 cm ² | 流速 m/s | 流量 L/min | ねじ込み | 溶接 | ねじ込み | 溶接 | ねじ込み | 溶接 |
| 6 | 1/8 | 10.5 | 1.7 | 7.1 | 0.4 | ↑ | 1 | ↑ | 5 | 2.4 | 5.7 | 0.3 | ↑ | 3 | | | | | | | | | | | |
| 8 | 1/4 | 13.8 | 2.2 | 9.4 | 0.7 | ↑ | 2 | ↑ | 8 | 3.0 | 7.8 | 0.5 | ↑ | 6 | | | | | | | | | | | |
| 10 | 3/8 | 17.3 | 2.3 | 12.7 | 1.3 | ↑ | 5 | ↑ | 15 | 3.2 | 10.9 | 0.9 | ↑ | 11 | | | | | | | | | | | |
| 15 | 1/2 | 21.7 | 2.8 | 16.1 | 2.0 | ↑ | 9 | ↑ | 24 | 3.7 | 14.3 | 1.6 | ↑ | 19 | 4.7 | 12.3 | 1.2 | ↑ | 14 | | | | | | |
| 20 | 3/4 | 27.2 | 2.9 | 21.4 | 3.6 | ↑ | 13 | ↑ | 43 | 3.9 | 19.4 | 3.0 | ↑ | 35 | 5.5 | 16.2 | 2.1 | ↑ | 25 | | | | | | |
| 25 | 1 | 34.0 | 3.4 | 27.2 | 5.8 | ↑ | 21 | ↑ | 70 | 4.5 | 25.0 | 4.9 | ↑ | 59 | 6.4 | 21.2 | 3.5 | ↑ | 42 | | | | | | |
| 32 | 1-1/4 | 42.7 | 3.6 | 35.5 | 9.9 | ↑ | 26 | ↑ | 97 | 4.5 | 32.9 | 8.5 | ↑ | 80 | 6.4 | 29.9 | 7.0 | ↑ | 56 | | | | | | |
| 40 | 1-1/2 | 48.6 | 3.7 | 41.2 | 13.3 | ↑ | 21 | ↑ | 160 | 5.1 | 38.4 | 11.6 | ↑ | 139 | 7.1 | 34.4 | 9.3 | ↑ | 84 | | | | | | |
| 50 | 2 | 60.5 | 3.9 | 52.7 | 21.8 | ↑ | 196 | ↑ | 262 | 5.5 | 49.5 | 19.2 | ↑ | 231 | 8.7 | 43.1 | 14.6 | ↑ | 112 | | | | | | |
| 65 | 2-1/2 | 76.3 | 5.2 | 65.9 | 34.1 | ↑ | 307 | ↑ | 409 | 7.0 | 62.3 | 30.5 | ↑ | 366 | 9.5 | 57.3 | 25.8 | ↑ | 175 | | | | | | |
| 80 | 3 | 89.1 | 5.5 | 78.1 | 47.9 | ↑ | 431 | ↑ | 575 | 7.6 | 73.9 | 42.9 | ↑ | 515 | 11.1 | 66.9 | 35.2 | ↑ | 394 | | | | | | |
| 90 | 3-1/2 | 101.6 | 5.7 | 90.2 | 63.9 | ↑ | 575 | ↑ | 767 | 8.1 | 85.4 | 57.3 | ↑ | 687 | 12.7 | 76.2 | 45.6 | ↑ | 422 | | | | | | |
| 100 | 4 | 114.3 | 6.0 | 102 | 82.2 | ↑ | 740 | ↑ | 986 | 8.6 | 97.1 | 74.1 | ↑ | 889 | 13.5 | 87.3 | 59.9 | ↑ | 696 | | | | | | |
| 125 | 5 | 139.8 | 6.6 | 127 | 126 | ↑ | 1133 | ↑ | 1510 | 9.5 | 121 | 115 | ↑ | 1380 | 15.9 | 108 | 91.6 | ↑ | 949 | | | | | | |

注) 配管サイズは、管内流速を基準として決定します。一般的に、ポンプ吸込配管で0.5~1.5m/s、圧力配管で2.5~6m/s、戻り配管で1.5~4m/sを目安とします。
本配管選定表は、石油系作動油で適正粘度範囲に適合する場合に下記項目を考慮して使用してください。これ以外の場合(環境条件、施工条件、難燃性作動油など)は、別途お問い合わせください。

- ポンプ吸込配管の場合**
 - タンク用フィルタの圧力降下、油面に対するポンプの吸込み高さ、および配管内の圧力損失の総和がゲージ圧力+ 35~16.7kPaの間に入るようにしてください。石油系作動油以外の場合には、ゲージ圧力+ 35~10.1kPaの間に入るようにしてください。
 - インラインピストンポンプなど、可変容量形ポンプの場合には、配管内の作動油の慣性力によるキャビテーションを防止する目的で余裕を考慮してください。
- 戻り配管の場合**
 - 背圧が過大にならないこと、弁切換時のサージ圧力を考慮すること、および長い配管にたいしては、できるだけ流速を小さくしてください。
- 圧力配管の場合**
 - 使用圧力3MPa以下の装置の場合の流速は2m/s程度
 - 一般的な装置の場合の流速は4m/s程度
 - 圧力損失が多少高くても問題とならない場合の流速は6m/s程度
 - 呼び径が比較的小さい場合は、圧力損失を考慮して極力流速を小さくしてください。

主な計算式

Hydraulic Formulas

ポンプ

SI単位系

- 1 ポンプの軸入力 L_s
- $$L_s = \frac{P \cdot Q}{60\eta} \times 10^2 \left[= \frac{2\pi \cdot T \cdot N}{6 \times 10^4} \right] \quad (\text{kW})$$
- P : 吐出圧力 (MPa)
 Q : 吐出圧力 P の時の吐出量 (L/min)
 T : 軸トルク (N·m)
 N : 回転数 (min^{-1})
 η : ポンプの全効率 (%)
- 2 ポンプの油動力 L_p
- $$L_p = \frac{P \cdot Q}{60} = \eta \cdot L_s \times 10^{-2} \quad (\text{kW})$$
- P : 吐出圧力 (MPa)
 Q : 吐出圧力 P の時の吐出量 (L/min)
 L_s : 軸入力 (kW)
 η : ポンプの全効率 (%)
- 3 ポンプの全効率 η
- $$\eta = \eta_v \cdot \eta_t \times 10^{-2} \quad (\%)$$
- η_v : ポンプの容積効率 (%)
 η_t : ポンプのトルク効率 (%)
- 4 ポンプの容積効率 η_v
- $$\eta_v = \frac{Q}{Q_{th}} \times 100 = \frac{Q}{Q_0} \times 100 \quad (\%)$$
- Q : 吐出圧力 P の時の吐出量 (L/min)
 Q_{th} : 理論吐出量 (L/min)
 Q_0 : 吐出圧力 $P=0$ の時の吐出量 (L/min)
- 5 原動機の効率 η_e
- $$\eta_e = \frac{L_s}{L_e} \times 100 \quad (\%)$$
- L_s : 原動機の出力動力 \equiv ポンプの軸入力 (kW)
 L_e : 原動機の入力動力 (kW)

油圧モータ

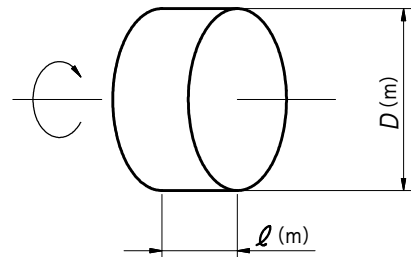
SI単位系

- 6 油圧モータの理論押しのけ容積 D_{th}
- $$D_{th} = \frac{2\pi \cdot T}{P \cdot \eta_t} \quad (\text{cm}^3/\text{rev})$$
- T : 出力軸トルク (N·m)
 P : 入口、出口の圧力差 (MPa)
 η_t : 油圧モータのトルク効率 (%)
- 7 油圧モータの出力動力 L_s
- $$L_s = \frac{2\pi \cdot T \cdot N}{60000} = \eta \frac{P \cdot Q}{60} \times 10^{-2} \quad (\text{kW})$$
- T : 出力軸トルク (N·m)
 N : 回転数 (min^{-1})
 P : 入口、出口の圧力差 (MPa)
 Q : 油圧モータへの流入油量 (L/min)
 η : 油圧モータの全効率 (%)
- 8 油圧モータの入力動力 L_m
- $$L_m = \frac{P \cdot Q}{60} \quad (\text{kW})$$
- P : 入口、出口の圧力差 (MPa)
 Q : 油圧モータへの流入油量 (L/min)
- 9 油圧モータの容積効率 η_v
- $$\eta_v = \frac{D_{th} \cdot N}{Q} \times 10^{-1} \quad (\%)$$
- D_{th} : 油圧モータの理論押しのけ容積 (cm^3/rev)
 Q : 油圧モータへの流入油量 (L/min)
 N : 回転数 (min^{-1})

油圧モータ

SI単位系

- 10 油圧モータのトルク効率 η_t
- $$\eta_t = \frac{2\pi \cdot T}{P \cdot D_{th}} \times 10^2 \quad (\%)$$
- T : 出力軸トルク (N·m)
 P : 入口、出口の圧力差 (MPa)
 D_{th} : 油圧モータの理論押しのけ容積 (cm^3/rev)
- 11 油圧モータの全効率 η
- $$\eta = \eta_v \cdot \eta_t \times 10^{-2} = \frac{L_s}{L_m} \times 10^2 = \frac{2\pi \cdot T \cdot N}{P \cdot Q} \times 10^{-1} \quad (\%)$$
- η_v : 油圧モータの容積効率 (%)
 η_t : 油圧モータのトルク効率 (%)
 L_s : 出力動力 (kW)
 L_m : 入力動力 (kW)
 T : 出力軸トルク (N·m)
 N : 回転数 (min^{-1})
 P : 入口、出口の圧力差 (MPa)
 Q : 油圧モータへの流入油量 (L/min)
- 12 慣性モーメント (加減速トルク) T_A
- $$T_A = I \cdot \frac{d\omega}{dt} = \frac{GD^2}{4g} \cdot \frac{d\omega}{dt} = \frac{N \cdot GD^2}{375t} \quad (\text{N}\cdot\text{m})$$
- I : 回転体の慣性モーメント ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)
 $\frac{d\omega}{dt}$: 角加速度 (rad/s^2)
 GD^2 : フライホイール効果 ($\text{kg}\cdot\text{m}^3/\text{s}^2$)
 g : 重力の加速度 $= 9.8 (\text{m}/\text{s}^2)$
 t : 加減速時間 (s)
 N : 加減速後のモータの回転数 (min^{-1})
- $$GD^2 = 4g \cdot I = \frac{mg \cdot D^2}{2} = \frac{\pi}{8} \cdot g \cdot D^4 \cdot \ell \cdot \rho \quad (\text{kg}\cdot\text{m}^3/\text{s}^2)$$
- m : 回転体の質量 (kg)
 D : 回転体の直径 (m)
 ℓ : 回転体の長さ (m)
 ρ : 回転体の密度 (kg/m^3)
- 回転体の材質が鋼の場合
- $$GD^2 = 3 \times 10^4 \cdot D^4 \cdot \ell \quad (\text{kg}\cdot\text{m}^3/\text{s}^2)$$



- 13 減速機を使用する場合の油圧モータの出力軸のフライホイール効果 GD^2
- $$GD^2 = GD_M^2 + \sum GD_N^2 \left[\frac{N_N}{N_M} \right]^2$$
- GD_M^2 : 油圧モータ軸単独のフライホイール効果
 GD_N^2 : 減速機各軸のフライホイール効果
 N_M : 油圧モータの回転数
 N_N : 減速機各軸の回転数

シリンダ

SI単位系

- 14 シリンダを動かすのに必要な圧力 P_1

$$P_1 = \frac{1}{A_1} \cdot \left[\frac{F}{\eta_c} + P_2 \cdot A_2 \times 10^2 \right] \times 10^{-2} \quad (\text{MPa})$$

A_1 : 流入側受圧面積 (cm²)

A_2 : 流出側受圧面積 (cm²)

P_2 : 流出側の圧力 (MPa)

F : シリンダ推力 (N)

η_c : シリンダの推力効率 (0.9~0.95)

- 15 シリンダを動かすのに必要な流量 Q

$$Q = A_1 \cdot v \times 10^{-1} + Q_L \quad (\text{L/min})$$

v : シリンダの速度 (m/min)

A_1 : シリンダの流入側受圧面積 (cm²)

Q_L : シリンダの内部リーク (L/min)

※ポンプ吐出量は、油圧回路内の各制御弁のリーク量を考慮する必要あり

- 16 シリンダの推力 F

(1) 加速力 F_1

$$F_1 = m \cdot \alpha = m \cdot \frac{v}{t} \quad (\text{N})$$

m : 負荷の質量 (kg)

α : 加速度 (m/s²)

t : 加速時間 (s)

v : 加速後の速度 (m/s)

(2) 静摩擦抵抗 F_2

$$F_2 = \mu_s \cdot m \cdot g \quad (\text{N})$$

μ_s : 静摩擦係数

m : 負荷の質量 (kg)

g : 重力の加速度 = 9.8 (m/s²)

(3) 動摩擦抵抗 F_3

$$F_3 = \mu_d \cdot m \cdot g \quad (\text{N})$$

μ_d : 動摩擦係数

m : 負荷の質量 (kg)

g : 重力の加速度 = 9.8 (m/s²)

電動機

SI単位系

- 17 電動機の効率 η_e

$$\eta_e = \frac{L_s}{L_e} \times 100 \quad (\%)$$

L_s : 電動機の出力動力 = 油圧ポンプの軸入力 (kW)

L_e : 電動機の入力動力 (kW)

- 18 電動機の平均動力 L_e

$$L_e = \sqrt{\frac{\sum t_N \cdot L_N^2}{T}} \quad (\text{kW})$$

T : 1 サイクルの所要時間 (s)

t_N : 1 サイクル中の各工程の所要時間 (s)

L_N : 1 サイクル中の各工程の所要動力 (kW)

各工程ごとの過負荷容量の最大値の目安 (%)

| 定格時間 (min) | 5 | 15 | 30 |
|------------|-----|-----|-----|
| 定格出力 (kW) | | | |
| 0.2~0.75 | 150 | 120 | 115 |
| 1.5~7.5 | 150 | 130 | 115 |
| 11~37 | 150 | 140 | 120 |

アキュムレータ

SI単位系

- 19 アキュムレータの放出量 V

$$V = V_0 \cdot e \cdot \eta_a \cdot f(a) \quad (\text{L})$$

V_0 : ガス封入量 (アキュムレータの呼び容量) (L)

e : ガス封入圧力比 = $\frac{\text{ガス封入圧力}}{\text{最低作動圧力}}$

[フリーツブラダ形 $e=0.8\sim0.85$
ベローズブラダ形 $e=0.6\sim0.65$]

η_a : アキュムレータ効率 = 0.95

$f(a)$: 吐出し係数

a : 作動圧力比 = $\frac{\text{最高作動圧力}}{\text{最低作動圧力}}$

○等音変化 (アキュムレータの作動がゆるやかな変化でおこなわれ、外部との熱の交換が十分おこなわれるとき)

$$f(a) = 1 - \frac{1}{a}$$

○断熱変化 (アキュムレータが急激に作動し、外部との熱交換がおこなわれる余裕のないとき)

$$f(a) = 1 - \left[\frac{1}{a} \right]^{\frac{1}{m}}$$

m : ポリトロップ指数 = 1.3~1.4

○緩圧縮、急膨張 (アキュムレータに緩やかに蓄圧した圧油を急激に放出する、一般的な使い方)

$$f(a) = \frac{a^{\frac{1}{m}} - 1}{a}$$

m : ポリトロップ指数 = 1.3~1.4

作動油

SI単位系

- 20 作動油の粘度 μ

$$\mu = \rho \cdot \nu \times 10^{-6} \quad (\text{Pa}\cdot\text{s})$$

ν : 作動油の動粘度 (mm²/s)

ρ : 作動油の密度 (kg/m³)

- 21 作動油の圧縮性

(1) 加圧による作動油の圧縮量 ΔV

$$\Delta V = \Delta P \cdot \frac{V}{K} \times 10^{-3} \quad (\text{cm}^3)$$

ΔP : 加圧力 (MPa)

V : 加圧前の容積 (cm³)

K : 作動油の体積弾性係数 (GPa)

各種作動油の体積弾性係数 K

(GPa)

| 作動油の種類 | K |
|------------|------|
| 石油系 | 1.6 |
| りん酸エステル系 | 2.9 |
| 水・グリコール系 | 3.4 |
| W/Oエマルジョン系 | 2.25 |

(2) 気泡が混入した石油系作動油の体積弾性係数 K'

$$K' = \frac{K_1 \cdot K_2}{K_2 + x(K_1 - K_2)}$$

K' : 見掛けの体積弾性係数

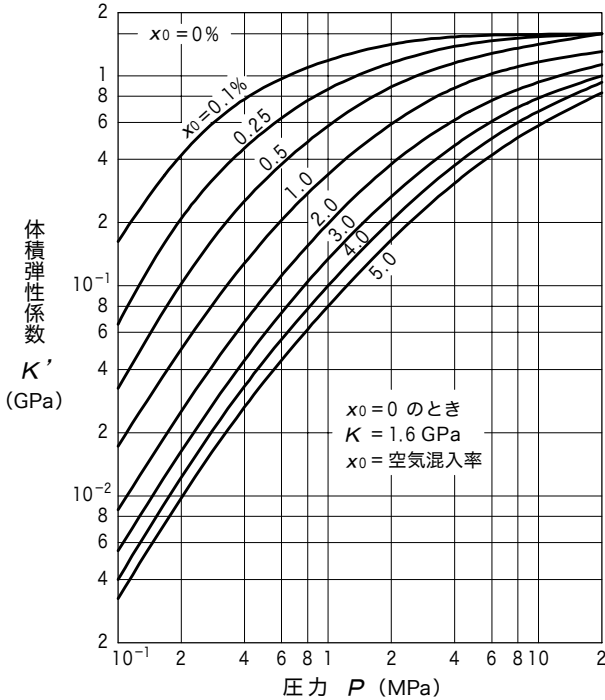
K_1 : 作動油の体積弾性係数

K_2 : 空気の体積弾性係数 ($K_2 = 1.4P$)

x : 絶対圧力 P における空気の体積混合比

x_0 : 大気圧における空気の体積混合比

$$x = 1 - \frac{1}{1 + \frac{x_0}{1-x_0} \times \frac{1-\Delta P/1.4P}{1-\Delta P/1.6 \times 10^3}}$$



気泡が混入した石油系作動油の体積弾性係数

圧力損失およびその他の計算式

[22] 機器の圧力損失 ΔP

流量 Q_0 (L/min) のときの圧力損失が ΔP_0 (MPa) であれば、流量 Q (L/min) のときの圧力損失 ΔP は

$$\Delta P = \Delta P_0 \left[\frac{Q}{Q_0} \right]^2 \text{ (MPa)}$$

[23] 配管の圧力損失(直管)

○管内流速 v

$$v = \frac{Q}{6A} \times 10^2 = \frac{2Q}{3\pi \cdot D^2} \times 10^2 \text{ (m/s)}$$

Q : 通過流量 (L/min)

A : 管内径の断面積 (mm^2)

D : 管内径 (mm)

○レイノルズ数 Re

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} \times 10^3$$

v : 管内流速 (m/s)

D : 管内径 (mm)

ν : 作動油の動粘度 (mm^2/s)

圧力損失およびその他の計算式

○流体摩擦係数 λ

$Re \leq 2000$ (層流) の場合

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

$2000 < Re < 8000$ (乱流) の場合

$$\lambda = 0.3164 Re^{-1/4}$$

○圧力損失 ΔP

$$\Delta P = \frac{\lambda \cdot v^2 \cdot \rho \cdot \ell}{2000D} \text{ (MPa)}$$

λ : 流体摩擦係数

v : 管内流速 (m/s)

ρ : 作動油の密度 (kg/m^3)

ℓ : 配管の長さ (m)

D : 管内径 (mm)

38°Cでの各種作動油の密度 ρ (kg/m^3)

| 作動油の種類 | 密度 |
|------------|------|
| 石油系 | 864 |
| りん酸エステル系 | 1275 |
| 水・グリコール系 | 1060 |
| W/Oエマルジョン系 | 916 |

[24] エルボおよびティーの圧力損失 ΔP

$$\Delta P = k \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \times 10^{-6} \text{ (MPa)}$$

k : 損失係数

[90° エルボ $k=1.2$
ティー $k=1.5$]

ρ : 作動油の密度 ([23] 項参照) (kg/m^3)

v : 流速 (m/s)

[25] ポンプの吸込抵抗 ΔH

$$\Delta H = \Delta H_E + \Delta H_L + \Delta H_H$$

ΔH_E : フィルタエレメントの圧力損失

ΔH_L : 配管の圧力損失

ΔH_H : ヘッド損失(オーバータンクの場合は負となる)

[26] 環状すきまを通過する流量 Q

$$Q = \frac{1.57 \Delta P \cdot \delta^3 \cdot d}{\rho \cdot \nu \cdot \ell} \times 10^7 \text{ (L/min)}$$

ΔP : 環状すきまの前後の圧力差 (MPa)

D : 環状すきまの外径 (mm)

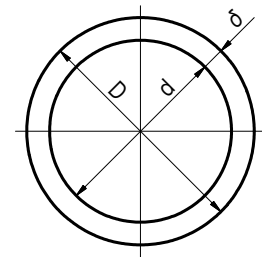
d : 環状すきまの内径 (mm)

δ : すきま = $\frac{D-d}{2}$ (mm)

ν : 作動油の動粘度 (mm^2/s)

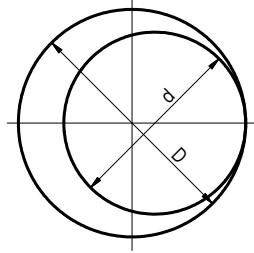
ℓ : 環状すきまの長さ (mm)

ρ : 作動油の密度 (kg/m^3)



圧力損失およびその他の計算式 SI単位系

下図のように偏心したときの最大流量 Q_{\max} は
 $Q_{\max} \approx 2.5Q$ (L/min)



27 オリフィスを通過する流量 Q

$$Q = 60 k \cdot A \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \Delta P} = \frac{30\pi}{2} \cdot k \cdot D^2 \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \Delta P} \quad (\text{L/min})$$

k : 流量係数=0.6~0.7

A : オリフィス断面積 (mm^2)

D : オリフィス径 (mm)

ΔP : オリフィス前後の圧力差 (MPa)

ρ : 作動油の密度 (23 項参照) (kg/m^3)

28 サージ圧力 ΔP

$$\Delta P = \sqrt{10\rho \cdot K} \cdot v \times 10^{-2} \quad (\text{MPa})$$

ρ : 作動油の密度 (23 項参照) (kg/m^3)

K : 作動油の体積弾性係数 (21 項参照) (GPa)

v : 流れが遮断される前の流速 (m/s)

騒音の基本特性 SI単位系

29 距離による減衰・点音源から距離 r_2 での騒音レベル L_2

$$L_2 = L_1 - 20 \log_{10} \left[\frac{r_2}{r_1} \right] \quad (\text{dB})$$

L_1 : 距離 r_1 での騒音レベル (dB)

r_1 : 点音源から測定点までの距離 (m)

r_2 : 点音源から求める地点までの距離 (m)

30 騒音レベル L_1 が N 個合成するときの騒音レベル L_N

$$L_N = L_1 + 10 \log_{10} N \quad (\text{dB})$$

L_1 : 1 個当たりの騒音レベル (dB)

31 油圧ユニットの推定騒音レベル L_u

$$L_u = 10 \cdot \lambda_p \cdot \left\{ \log_{10} \left[10^{\frac{L_m}{10}} + 10^{\frac{L_p}{10}} \right] + \log_{10} N + \log_{10} R_f \right\} \quad (\text{dB})$$

L_m : 電動機の騒音レベル (dB)

L_p : ポンプの騒音レベル (dB)

λ_p : 配管条件係数

N : 使用系統数

R_f : 反射音の効果 (無反射 $R_f=1$ 、1 回反射 $R_f=2$)

配管条件係数 λ_p

| 材質 | 配管サイズ 系統数 (N) | 1/4B~1/2B | 3/4B~1B | 1-1/4B~2B |
|---------------|------------------|-----------|---------|-----------|
| | | 鋼管 | 1 | 1.07 |
| | 2 | 1.08 | 1.07 | 1.06 |
| | 3 | 1.09 | 1.08 | 1.07 |
| ゴムホース | 1 | 1.047 | 1.037 | 1.027 |
| ゴムホース +マフラ | 1 | 1.017 | 1.012 | 1.007 |