

NACHI
**TECHNICAL
REPORT**
Components

Vol. **20** D1
March/2010

機能部品事業

■ 技術講座

知りたい油圧講座①

「油圧とは？」

Things to Know about Oil Hydraulic,
"What is Oil Hydraulic?"

〈キーワード〉 油圧の基礎・パスカルの原理・粘度

部品事業部／技術二部

池生 慎一

Shinichi IKENO

要 旨

NACHIは、工作機械や建設機械、そして自動車用の油圧機器および油圧システムを開発し、販売しています。30年以上に渡り築き上げた油圧技術を元に、油圧とはどのような技術を基本に成り立っているのか、そして様々な用途と基礎となる構成要素について平易な言葉で解説します。油圧の基礎を理解いただくことによって、より油圧に親しみ、上手く油圧を活用していただきたいと思えます。油を使う理由、粘度の重要性など、身の回りの応用をまじえながら講座を連載します。

Abstract

NACHI develops and sells machine tools, construction equipment, hydraulic equipment & systems for automobiles. Based on the hydraulic technology that has been developed over 30 years, the technology that hydraulic mechanism is derived from, various applications and basic component elements are explained in plain speech. We hope that you will become more familiar with hydraulics and utilize them well by understanding the basics of the hydraulic equipment. A series of courses are provided to explain the reason of oil use, importance of viscosity and others, including the practical applications around us.

1. 油圧という言葉

油圧というと何を想像するでしょうか?自動車用ジャッキ、油圧ショベルなどでしょうか?油の圧力と書いて油圧です。英語では、"Oil hydraulic"と表現します。油圧とは何か?簡単にいうと「閉ざされた空間に油を封じ込めて、その圧力を離れた場所に伝え、その力を上手くコントロールして人間の何倍もの働きをさせる技術」のことで。封じ込める媒体が空気なら空圧、水なら水圧、油なら油圧となります。いずれも流体の圧力を利用した技術です。

2. 大きな力を出す油圧

身近にある圧力を使ったものといえば、例えば、自動車のタイヤ。空気が封じ込められた、たった4つのタイヤで1トンないし、2トンの車を支えます。タイヤの接触面積は、はがき1枚相当の 150cm^2 です。空気圧は、力÷面積ですから、 $1,500\text{kg}$ の車重を支えている場合、 $1,500[\text{kg}] \div (150[\text{cm}^2] \times 4) = 2.5[\text{kgf}/\text{cm}^2]$ となります。SI単位系で圧力の単位は、Pa(パスカル)を使います。1Paは、1N(ニュートン)の力が 1m^2 に加わったときの圧力で、重力単位系では $1\text{kgf}/\text{cm}^2 \approx 0.1\text{MPa}$ (メガパスカル; $1\text{MPa} = 1 \times 10^6\text{Pa}$)となります。そういえば、乗用車のタイヤの空気圧は、 $2.2 \sim 2.4\text{kgf}/\text{cm}^2$ { $0.23 \sim 0.24\text{Pa}$ }程度です。

水道の圧力も場所によりますが、 $2 \sim 4\text{kgf}/\text{cm}^2$ { $0.2 \sim 0.4\text{MPa}$ }程度です。たった $2\text{kgf}/\text{cm}^2$ でも、蛇口を手で塞ぐにはかなりの力が必要です。

油圧の話にもどりましょう。油圧は産業機械で使用される場合、低いもので、 2MPa { $20\text{kgf}/\text{cm}^2$ }、高い物で 35MPa { $357\text{kgf}/\text{cm}^2$ }にもなります。さらに高圧の 70MPa { $714\text{kgf}/\text{cm}^2$ }というものもあります。先ほどのはがき一枚の面積では、 2MPa で $3 \times 10^4\text{N}$ { 3ton }、 35MPa ではなんとおよそ 50ton の重さを支えることができます。

3. パスカルの原理

密閉した容器内にある流体の一部に圧力を加えると、その圧力は流体のすべての部分に伝わります。これをパスカルの原理といいます。「人間は考える葦である」の言葉で有名なフランスの哲学者で、同時に科学者でもあったパスカル(Pascal Blaise; 仏 1623~1662)は、1653年にこの原理を発見します。図1を見てください。異なる断面積の二つのピストンを管でつなぎ、油を閉じ込めます。小さなピストンをある一定の力で押すと封じ込められた流体には圧力が発生し、大きなピストンの断面積に比例した力が得られます。こうして、小さな力で大きな力を得ること

が可能になります。これはすべての液圧技術が応用する基本原理になっています。

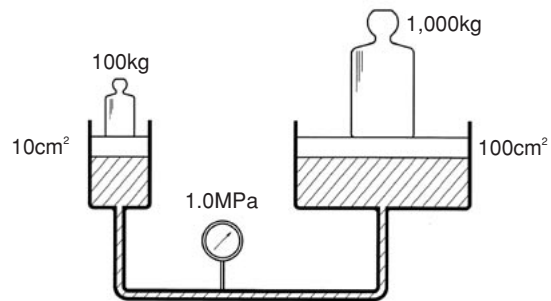


図1 小さなおもりで大きなおもりを支える油圧

4. 油のわけ

では、何故油圧なのでしょう?水ではダメか?決してダメではありません。油圧のルーツは、水圧でした。皆さんよくご存じのロンドンタワーブリッジ、跳ね上げ式で有名な、あの重い橋は水圧で持ち上げています。1894年に完成したロンドンタワーブリッジは、1分間で角度86度まで持ち上げる能力があります。1976年までは蒸気機関と水圧で持ち上げていましたが、現在は電力と油圧で駆動しています。もう一つ有名なところでは1889年に建造されたパリのエッフェル塔。このエレベータは水圧式でした。安全性向上のためにシステムの更新はされていますが、基本構造は今も変わっていないとのこと。このように水圧動力は、1800年から1900年にかけて全盛を迎えました。では、何故水圧から油圧に変わったのでしょうか?本来、地

球にふんだんにある水を使った方がコストも低く、地球環境にやさしいはず。です。

水と鉄を一緒にすると鉄は錆びます。水と銅を一緒にすると緑青を発生します。さらに液体をシールするゴムも劣化します。また、水はさらさらです。このさらさら度を表わすのが粘度です。粘度とは、流体のねばりの度合であり、油圧機器にとっては漏れや圧力損失に影響する重要なファクターです。油圧の世界では、絶対粘度を密度で割った動粘度を指標として用います。単位は、cSt(センチストークス)や mm^2/s を使います。粘度・粘性については、知りたいトライボロジー講座④¹⁾でも解説していますので参考にして下さい。少し難しくなってきましたので、具体的に考えてみましょう。水の動粘度は、20℃で

1cSt(センチストークス)です。「20℃で」と限定しているのは温度によって動粘度が変化するためです。ちなみに、0℃では1.79cSt、100℃では0.295cStになります。水泳における水温は25～28℃であることという規定があるそうですが、水の粘度の変化も水泳のタイムに関係がありそうです。一方、一般的な油圧で使用される作動油の動粘度は銘柄にもよりますが、0℃で300～500cSt、40℃で32～46cSt、100℃でも5～8cStあります。水のように粘度が低いと洩れやすいので、高压の油を封じ込めるのが難しくなります。飛行機に乗ると機外の外気温度がモニターに映し出されるのを見ることがあると思います。外気温-50℃以下の環境で水を使うとどうなるでしょう？水は凍って流れなくなり、飛行機の制御が利かなくなります。また、熱い場所では蒸発してタンクの水が無くなってしまいます。ですから、温度の変化に対して状態が変わらない液体でなければいけません。そこで、航

空機の翼を制御するところには油圧を使用しています。もちろん、航空機のように温度の変化が激しいところで使用される油は、特殊な油を使用していますのでご安心を。それから、金属同士をこすりあわせる場合、物体と物体の間に流体があるのとないのでは、抵抗の大きさが異なります。金属を腐食させず、金属同士の滑らかな摺動を助け、隙間から漏れにくいちょうどよい粘度を持った液体、それが油なのです。もちろん、石油の登場が油圧の発展に大きな影響を与えたのはいうまでもありません。

ただ、油には燃えるという大きな欠点があります。また、外部に漏れると分解するのに時間が掛かるので処置に困ります。水のように蒸発するのを待つわけにはいきません。そこで、外部に漏れないように様々な工夫と努力がされ、同時に燃えにくい油※1(難燃性作動油)が登場するのです。油についての詳しい話は、次の講座に譲りましょう。

5. 油圧を使った身近なもの

油圧を使った身近なものに、自動車のパワーステアリング装置があります。片手で鼻歌混じりにハンドルを回せるのはパワーステアリングのおかげです。また、自動車のブレーキも油圧を応用しています。車種によって油圧式であるものとそうでないものがありますが、油圧式ではエンジンをかけると油圧ポンプも一緒に回転して油圧を発生し、その油圧でブレーキにかかる力を増幅しています。エンジンを止めると、ブレーキが急に重くなって思うようにブレーキがかからなくなるのは、油圧ポンプが回っていないためです。今では当たり前になったABS（アンチロックブレーキシステム）は、ブレーキピストンに油圧を送ったり、抜いたりすることで、すべりやすい路面で急ブレーキを掛けたときに、ブレーキを断続的に開放してタイヤがロックしないようにしています。

油圧ショベルやブルドーザなどの建設機械も油圧を使った代表です。人がスコップを持って行なう作

業の何倍もの仕事をあっという間にやっけてしまいます。それから、トラクターやコンバインのような農業機械の動力伝達装置や、大きな荷物を積み降ろしするフォークリフトの荷役装置など、様々な場面で油圧が使われています。



図2 身近な力持ち油圧ショベル

6. コンパクトで力持ちの油圧

なぜ、油圧を使うのでしょうか？その最大の理由は、小型で軽量になるということです。油圧が小型化できる理由はパスカルの原理にあります。つまり、荷重を均一に伝達できるのです。機械式では遠いところにあるものに大きな力を伝達するために、強力な歯車や軸がたくさん必要になり、とても大きくて重い装置になってしまいます。動力を伝達し合う接触部分の形状によって面圧が高いところと低いところができ、油圧に比べて装置を大きくせざるを得ないのです。

次に過負荷防止が容易であるということです。電気式ではブレーカーやヒューズを使いますが、機械式ではスリップするような安全装置が必要です。でも、油圧では安全弁という油を逃がすバルブがあれば、簡単に過負荷防止できますし、ヒューズのように交換する必要もなく、ブレーカーのように入れなおす必要もありません。油圧を用いることで、簡単に力を制御することができます。油の圧力を制御するバルブのハンドル調整で、シリンダーの圧力を制御し、力をコン

トロールします。同様に速度を変えるときは、電動式では、電動機の回転エネルギーを機械の直線運動や回転エネルギーに変えるためにボールねじや減速機が必要です。最近では、インバーターなどによって、電動機の回転数を自在に制御できるようになりましたが、油圧で速度を無段階にコントロールするのはお手のものです。そして、油圧では装置を軽量コンパクトにすることができるので慣性が小さくなり、油は軽量（一般的な油の比重は0.86程度）なのでショックや振動が小さくなります。実は油の圧縮性は、混入空気がない状態で、 $6\sim 7\times 10^{-4}$ (/MPa)、10%の油に10MPaの圧力を加えると9.993%になります。

つまり、 7cm^3 の体積変化を与えることで10MPaの圧力が得られるということです。一方、水の圧縮率は油の2分の1以下です。油という水よりもやや圧縮性を持った液体を使うこともショックや振動を小さくできる理由になっています。また、近年油圧を選ぶ理由として電動や機械式より油圧シリンダーの寿命が長いということがあります。ボールねじでは、ボールとねじは点で接触しており、繰り返し大きな荷重が作用するとその部分が摩耗するという問題があります。しかしながら油圧シリンダーは荷重を油圧で均等に受けるのでそういった摩耗が少ないのです。

7. 漏れると処理が大変な油

一方で、油圧にはデメリットもあります。一つは、先ほども出てきた油は燃えるということです。そのため、温度が高いところで使用される場合には、難燃性の作動油を使うなど火災が発生しないように細心の配慮が必要になります。次に、シール部材としてゴムを使用しているために、経年劣化があり長期間使用してゴムが硬化すると油漏れが生じるということです。油は、水のように放っておいても蒸発しませんので、油漏れが発生すると除去しなければいけません。そのため、油漏れは非常に嫌われます。また、油を送るための配管が必要です。油圧の圧力が高いため配管もその圧力に耐えるしっかりしたものが必要であり、そのため専門技術も必要になってきます。さらに、油圧システムでは油の温度によって粘度が変化するために、スピードやショックなどが変化してし

まいます。そのため、油温を一定にコントロールするための装置が必要になることがあります。最後に、油圧システムでは電気エネルギーや化石エネルギーを回転運動にした後、さらに油圧エネルギーに変換しているために効率が悪いということがあげられます。もちろん、油圧のこうしたデメリットをなくすために様々な努力が行なわれ、新しい技術や電気との融合により省エネで寿命が長くなるシステムも開発されてきました。最近はやりの「省エネ」ですが、油圧技術は常に「省エネ」をめざして発展してきました。油圧の歴史は、油圧の特徴を最大限活用し、こうしたデメリットをできるだけ小さくすることの戦いでもあったと思います。この講座でもこうした新しい油圧システムの解説も加えていきたいと思っています。

8. いろいろな構成要素がある油圧

油圧装置を構成する要素には、多くのものがあります。図3に簡単な油圧システムを油圧回路図で示しています。また、用途や求める特性によってその形態や手段には様々な方式があり、とっつきにくいところがあります。油圧を構成する要素からいきなり考えると判りにくくなりますが、油圧を使う目的を考えるとそうでもありません。前述の如く、油圧を使う目的は、「圧力を離れた場所に伝えて大きな物を動かしたり、支えたりする」ことです。

そこで、油圧で物を動かす、つまり油圧エネルギーを機械エネルギーに変換する要素が必要です。それが、油圧アクチュエーターと呼ばれる物で、直線運動に変換するのが油圧シリンダー、回転運動に変換するのが油圧モーターというものです。次にその油圧アクチュエーターを動かす向きを変えてやるための切換装置や油圧アクチュエーターの力の大きさやスピードを変えるための装置が必要です。それを一般的な油圧装置では、油圧バルブによって行ないます。どのような圧力で、どのくらいの流量を流すのか？何をどのようにコントロールしたいのかで使用するバルブやその組み合わせが変わります。

さて、次に肝心の油圧を発生させる装置が必要で、油圧バルブに油を送り込む油圧ポンプがそれに相当します。油圧ポンプは、電動機やエンジンから回転エネルギーをもらい、油圧エネルギーに変換します。工事現場などで使う水ポンプは、水をたくさん汲み上げて吐き出すために、遠心ポンプ、或いは渦巻きポンプを使います。実は、油圧ポンプはこれらの液体を移送するためのポンプとは目的も大きく異なり、容積式と呼ばれる高い圧力でも油をしっかり吐き出すことができるポンプを使います。

そして、ポンプに油を供給し、油圧アクチュエーターからもどってきた油を受けるための油圧タンクが必要です。タンクには、油に含まれるゴミ、気泡、熱などをとり除く効果もあり、それらの機能が果たせるような容量が必要になります。

そして忘れてはいけないのが、それぞれの機器を接続し、油を輸送する管路や油圧システムが正しく機能しているかどうかを確認するための、圧力計や温度計、油面計などの計器、そして油の清浄度を維持するためのフィルターや油温をコントロールするための冷却器です。これらの油圧システムを長時間、快適に使うために必要な補機を、総じて油圧アクセサリーと呼んでいます。

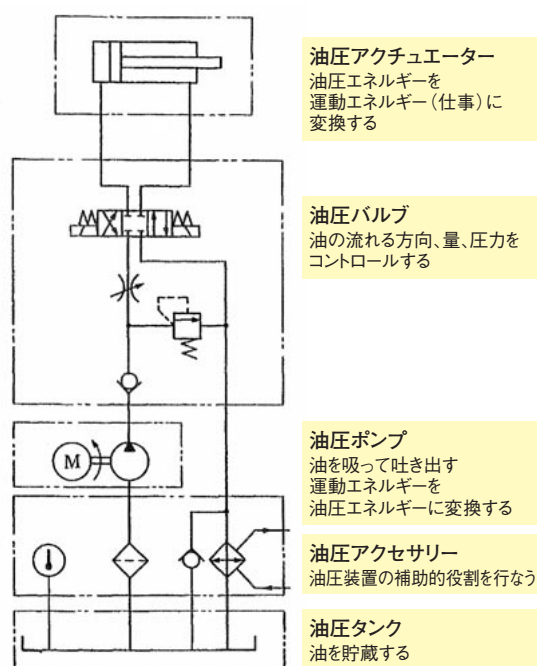


図3 油圧の5大要素

9. システムとしての油圧

油圧は、エネルギー変換システムであり、動力伝達システムです。当たり前ですが、ポンプやバルブなどの単品だけでは動きません。システムのどれが欠けても上手く機能しません。もちろん、ACサーボモーターで直接ポンプを駆動するNACHIの「パワーマイスター」といった最新の省エネ・コンパクト油圧システムでは例外もあります。とにかく、油圧システムを長期間に渡り、快適に作動させるために様々な技術が使われています。そのため、この講座だけでは語りきれませんが、今回を含めておよそ10回の連載で、最新の油圧システムやみなさんの生活と油圧との関わりをま

じえながらできるだけ平易な言葉で解説していきたいと思います。



図4 パワーマイスター

用語解説

※1 難燃性作動油

火災の危険性がある場所で使用される油圧装置に用いられる油圧作動油であり、引火点の高い脂肪酸エステル系作動油や水を含む水・グリコール作動油など様々な種類がある。

関連記事

- 1) 渡辺 孝一：知りたいトライボロジー講座④
「弾性流体潤滑理論 (EHL理論)」
NACHI TECHNICAL REPORT、Vol.11 D1、October (2006)