

～今、あした、人と環境との融和～

# フルードパワーの世界

油圧・空気圧・水圧による駆動と制御とその応用

追補版



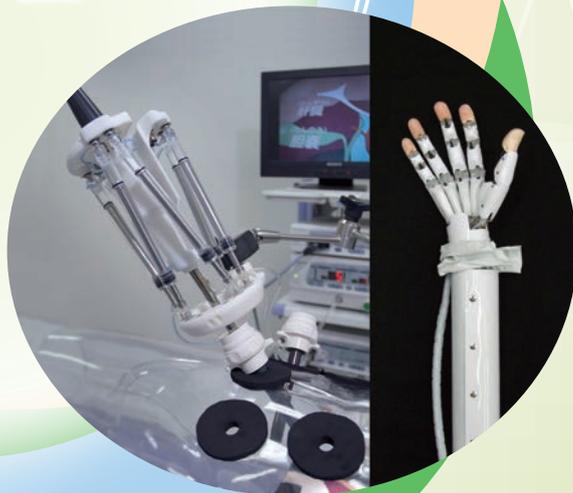
## Hydraulics

油で機械を動かす—油圧



## Pneumatics

空気で機械を動かす—空気圧



## Water Hydraulics

水で機械を動かす—水圧 (ADS)



一般社団法人 日本フルードパワー工業会

<http://www.jfpa.biz/>

## 追補版の発行にあたって

冊子「フルードパワーの世界」は、フルードパワーが“ものづくり”及び“産業の基礎基盤”となるものであること、また、その素晴らしさを認識していただくとともに、大いに関心を持っていただくことを目的として2009年に発行いたしました。以来、全国の工業高等学校、工業高等専門学校、先生方、学生の皆さん、日本フルードパワーシステム学会所属の大学の研究室などに10,000部を超える部数を配布し、好評を得ています。

読者の方々からは、いろいろなお意見をいただきましたが、好評の大きな要因の一つとして、適用事例があって分かりやすいというのがありました。これを受けまして、適用事例を充実させることを意図して追補版を考えました。発行から5年がたちましたので、特に空気圧及び水圧の適用事例を中心に、新しい応用をふまえた適用事例を追加するとともに、より理解を深めていただくために油圧については技術的な解説も追加しています。

この追補版は、本編発行以降の新しい動きを取り入れて、本編を補うために作成されました。本編と併せて追補版を活用していただき、フルードパワーの世界をより一層ご理解いただければ幸いです。

(一社)日本フルードパワー工業会  
「フルードパワーの世界 追補版」作成委員会

## はじめに

欧米などで、フルードパワーといいますと油圧及び空気圧技術となりますが、日本では、これらに水圧技術が加わります。なぜなら、日本における水圧技術の発展が、近年目覚ましいものがあるために追加されました。

水圧の統計はまだありませんので、日本の市場における油圧、空気圧を使用領域で比較しますと、図1のようになっています。油圧は土木建設機械、産業車両、農業機械などの車両用が約50%を占めていますが、空気圧は一般産業の自動化・省力化の分野で広く使用され市場が多岐にわたっています。

油圧、空気圧及び水圧の基本構成を図に表しますと図2のようになります。構成は基本的に変わりがないことが分かります。それでは、どのようにすみ分けがなされているかといいますと、パワーの違いがひとつあります。主に、油圧は、中・高パワーの領域に用いられ、空気圧は、比較的lowパワーの領域に用いられています。油圧は、車両に搭載して動き回って力仕事をするのを得意としています。空気圧の場合、工場には一般に空気圧源が設備されていて、安価で使いやすいという利点があります。水圧は、低パワーから中圧パワーまでとパワー領域は広いのですが、油圧と空気圧の領域に参入するというよりも、普通の水を利用するという利点を生かして新しい領域を開拓してきています。

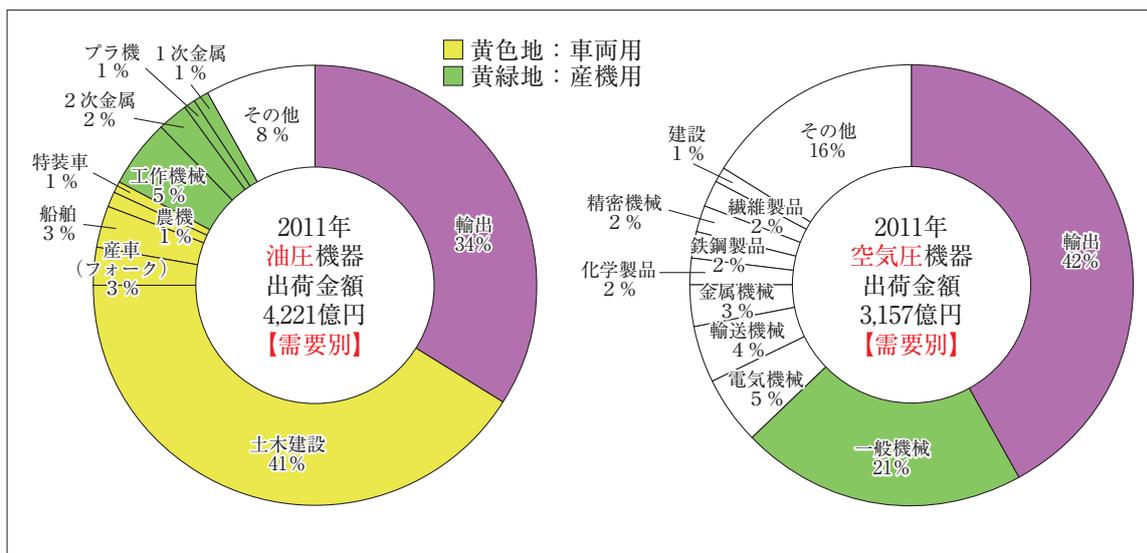


図1 油圧・空気圧の市場

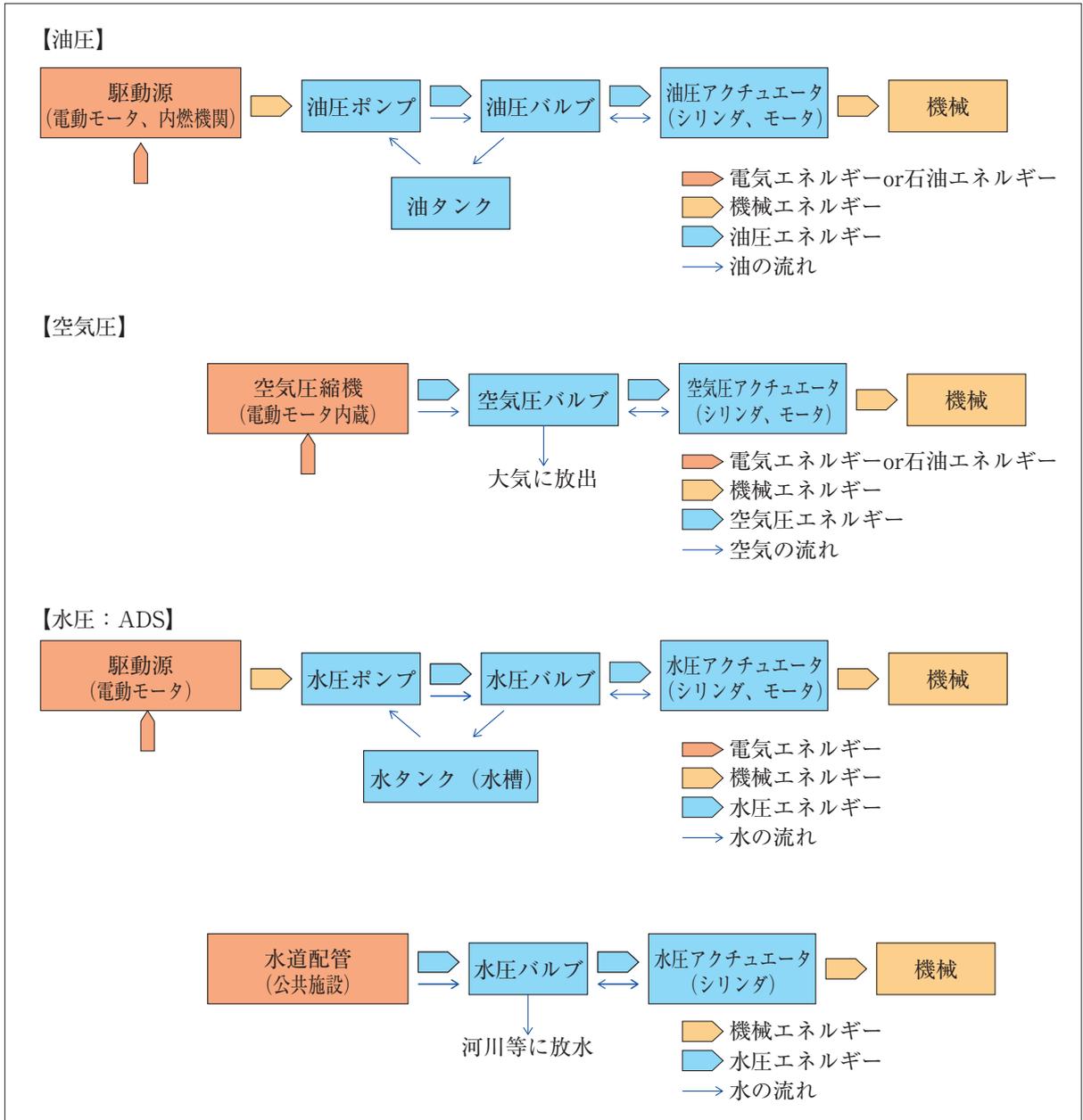


図2 基本構成図

追補版発行にあたって..... 1

はじめに..... 2

## 第1章 油圧の世界 5

- 1. はじめての油圧 ..... 6
- 2. トンネル掘削用自由断面掘削機の油圧 ..... 11
- 3. ゴミ収集車の油圧 ..... 14
- 4. マグネシウム成形機の油圧 ..... 17

## 第2章 空気圧の世界 19

- 1. 空気圧システムの基本的動作 ..... 20
- 2. 大形ガラス基板搬送の空気圧 ..... 23
- 3. 鉄道車両の空気圧 ..... 26
- 4. 火力発電の空気圧 ..... 28

## 第3章 水圧の世界 31

- 1. ADS の未来イメージ ..... 32
- 2. ADS の応用分野を眺めてみよう  
 ーADS 市場マップ ..... 33
- 3. ADS は具体的にどこに使われる  
 ーADS 応用事例 ..... 34
- 4. ADS 要素技術の要（かなめ）  
 ーシール技術..... 42
- 5. さらなる情報・知識の習得に向けて ..... 43

# ..... 第1章 .....

## 油圧の世界

1. はじめての油圧 ..... 6
2. トンネル掘削用自由断面掘削機の油圧 ..... 11
3. ゴミ収集車の油圧 ..... 14
4. マグネシウム成形機の油圧 ..... 17

## 1. はじめての油圧

### 1.1 はじめに

油圧はあまり社会の表舞台で活躍することがありませんので一般にはなじみの薄いものと思われまます。しかし、油圧の使われているところについては本編にその事例が紹介されていますのでおおよそお分かりいただけるものと思います。ここでは、なじみの薄い油圧を初めて学ぼうとする人を対象に、油圧の基本的なことについて、できるだけ分かりやすく解説したいと思います。

### 1.2 油圧の歴史

油圧の歴史は、水の利用技術の歴史にさかのぼることができます。紀元前 3000 年ごろの古代エジプトではナイル河から水をくみ上げるために、水車や原始的な揚水装置を考え出しました。紀元前 250 年ごろにはアルキメデスによって、筒にぴったり収まったねじを回して水をくみ出すねじポンプが作られています。

今日の油圧ポンプに関する基本的な構造、機能についてのアイデアは、1600 年ごろに生まれています。ラメリのロータリポンプ (1588 年)、セルビエのギヤポンプ、ウイングポンプ (1593 年) などが有名です。

油圧の基本原理となるパスカルの原理がパスカルによって発見されるのが 1653 年です。ただし、その実用性が証明されるのは、140 年後にブラマーが水圧プレスを発明した 1795 年のことです。

1900 年代に入って石油精製法が発達し、よい潤滑油が作られるようになると、潤滑性がよい、さびを防止するなどの性質によって、水の代わりにこの油を使用する油圧機器が作られるようになります。1900 年ごろトーマの発明によるアキシアルピストンポンプとピストンモータを組み合わせた油圧伝動装置、ウイリアムズとジャネとの共同開発による油圧伝動装置、ショウの発明によるラジアルピストンポンプ、ピストンモータなどが

現れます。1925 年にはビッカースにより平衡形ベーンポンプが発明されます。その後、多くの改良と工業化への努力が積み重ねられ今日の油圧機器工業へとつながってきます。この油圧技術の歴史を表 1 に示します。

表 1 油圧の歴史

年代	出来事
BC255	アルキメデスのねじポンプ
1588	ラメリのロータリポンプ
1593	セルビエのギヤポンプ
1593	セルビエのウイングポンプ
1653	パスカルの原理
1738	ベルヌーイの定理
1795	ブラマーの水圧プレス
1845	アームストロングの水圧クレーン
1850	アームストロングの蓄圧器
1900	トーマのアキシアルピストンポンプ
1903	ウイリアムズとジャネの油圧伝動装置
1907	ショウのラジアルピストンポンプ・モータ
1925	ビッカースの平衡形ベーンポンプ
1956	油圧機器工業会発足 (現フルードパワー工業会)
1970	日本油圧協会設立 (現フルードパワーシステム学会)

### 1.3 油圧の概要

#### 1.3.1 油圧とは

油圧装置を人間にたとえれば、油圧ポンプが心臓で、シリンダや油圧モータが手足ということになります。

一般には、電動機やエンジンで油圧ポンプを駆動して、油タンクから油をくみ上げてこれを制御部である油圧制御弁に送り、ここで仕事の方向や速度を自由に制御して、アクチュエータと呼ばれるシリンダや油圧モータで機械的運動や仕事を行わせる一連の装置あるいは方式を総称して油圧といいます。

#### 1.3.2 油圧の特徴

なぜ油圧が使用されるのかといいますと、油圧には次のような特徴があるからです。

油圧の利点としては、

- ① 大きな力が比較的簡単に得られ、その制御が容易にできる。
  - ② 運動の速度を広範囲かつ連続的に無段変速することができる。
  - ③ 電気、油圧、空気圧の信号で、遠隔操作や自動操作が容易にできる。
  - ④ 入力信号に対する応答性がよく、運動方向の切換え、停止が容易である。
  - ⑤ いろいろな動きの同期や連続運動させることが容易で、自動化や省力化を図ることができる。
  - ⑥ 管、継手によって連結するために、取付け位置が自由であり、比較的場所をとらない。
  - ⑦ 過負荷に対する安全装置が簡単で確実にできる。一方、油圧の問題点としては、
    - ① 温度変化によって油の粘性が変わるので、精密な制御が難しい。
    - ② 電気配線に比べると、油圧の配管作業は容易とはいえない。
    - ③ 摺動部分の摩耗、ごみの混入などによって油が汚れ、機能の低下をきたす。
    - ④ 配管の継手部などから油漏れが発生し、環境汚染、火災の危険がある。
- などが挙げられます。

油圧の特徴をよく理解することにより、機械式や電気式に比べて油圧式が最適であるところに使用することが大切です。

### 1.3.3 油圧の基礎事項

#### (1) 単位

運動や力などの物理量を測定するには、全て一定の基準の大きさを定めておき、“その基準量と比べてどのくらいか”というように測定します。この基準量を基本単位あるいは単位といいます。

油圧で用いる単位は、全て国際単位系 (SI) と “JIS で定める併用してよい単位” を用いて表します。国際単位系 (SI) の構成は基本単位と接頭辞からなっています。接頭辞は SI 単位の十進の倍量・分量単位を作成するために用います。表 2 に SI 基本単位、表 3 に SI 接頭辞、表 4 によく使われる SI 単位と併用してよい単位を示します。

油圧でよく使われる SI の組立単位 (基本単位を組み合わせることで作ることができる単位) には次の

表 2 SI 基本単位

量	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学的温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表 3 SI 接頭辞

倍数	接頭辞	記号	倍数	接頭辞	記号
$10^{18}$	エクサ	E	$10^{-1}$	デシ	d
$10^{15}$	ペタ	P	$10^{-2}$	センチ	c
$10^{12}$	テラ	T	$10^{-3}$	ミリ	m
$10^9$	ギガ	G	$10^{-6}$	マイクロ	$\mu$
$10^6$	メガ	M	$10^{-9}$	ナノ	n
$10^3$	キロ	k	$10^{-12}$	ピコ	p
$10^2$	ヘクト	h	$10^{-15}$	フェトム	f
10	デカ	da	$10^{-18}$	アト	a

表 4 SI 単位と併用してよい単位

量	単位		
	名称	記号	定義
体積	リットル	l, L	1l=1dm <sup>3</sup> =10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
質量	トン	t	1t=10 <sup>3</sup> kg

ようなものがあります。

- 力 : ニュートン [N]      1N=1kg・m/s<sup>2</sup>
- 圧力 : パスカル [Pa]      1Pa=1N/m<sup>2</sup>
- 仕事 : ジュール [J]      1J=1N・m
- 動力 : ワット [W]      1W=1J/s=1N・m/s

#### (2) 力と圧力

力には、質量に作用する慣性力、油の粘性による粘性力、摩擦力などがあります。力の単位として用いられるニュートン [N] は “質量 1kg の物体

に  $1\text{m/s}^2$  の加速度を生じさせる力”と定義され、  
 (力)=(質量)×(加速度)と表されます。

したがって、力の単位は次のようになります。

力の単位：ニュートン[N]

$$1[\text{N}] = 1[\text{kg}] \times 1[\text{m/s}^2] = 1[\text{kg} \cdot \text{m/s}^2]$$

また、“単位面積あたりに作用する流体の力”  
 を圧力といいます。圧力の単位としてはパスカル  
 [Pa]が用いられます。

いま、面積  $A[\text{m}^2]$  に力  $F[\text{N}]$  が作用していると  
 すれば、圧力  $p[\text{Pa}]$  は式(1)のように表されます。

$$p = F/A \quad \dots\dots\dots (1)$$

したがって、圧力の単位は次のようになります。

圧力の単位：パスカル[Pa]

$$1[\text{Pa}] = 1[\text{N}]/1[\text{m}^2] = 1[\text{N/m}^2]$$

油圧では高い圧力を扱いますのでメガパスカル  
 [MPa]を使うのが一般的です。Mの意味を表3  
 で確認しておいて下さい。

地球上においては、空気の重さからくる力を受  
 けています。これを大気圧と呼びます。標準気圧  
 は、 $101,325 \text{ Pa}$  ( $1,013.25 \text{ hPa}$ ：ヘクトパスカル)  
 です。圧力には測り方によって絶対圧力とゲージ  
 圧力があります。絶対圧力は完全真空を0とした  
 圧力の大きさをいい、ゲージ圧は大気圧を0と  
 した圧力の大きさをいいます。油圧で用いるのは、  
 ゲージ圧力です。絶対圧力とゲージ圧力の関係  
 を図1に示します。

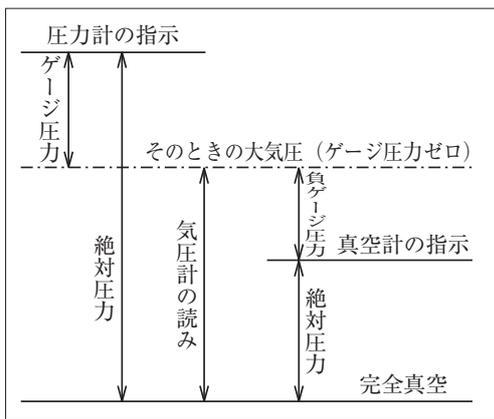


図1 絶対圧力とゲージ圧力

(3) パスカルの原理

油圧における圧力伝達の原理を示すパスカルの  
 原理は、次のように表されます。

“密閉した容器内の静止液体の一部に加えられた

圧力は、どの方向にも等しい大きさで作用し、か  
 つ容器の各面に垂直に作用する。”(図2)

この油圧の基本原理の応用を、油圧ジャッキモ  
 デルを例に説明します。

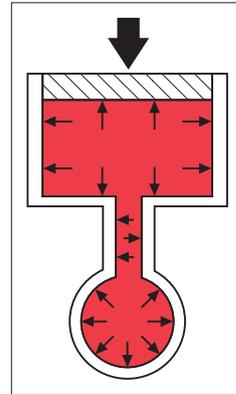


図2 パスカルの原理

図3の油圧ジャッキモデルにおいて、ピストン  
 $a_1$ の断面積を  $A_1[\text{m}^2]$ 、ピストン  $a_2$ の断面積を  
 $A_2[\text{m}^2]$ とします。

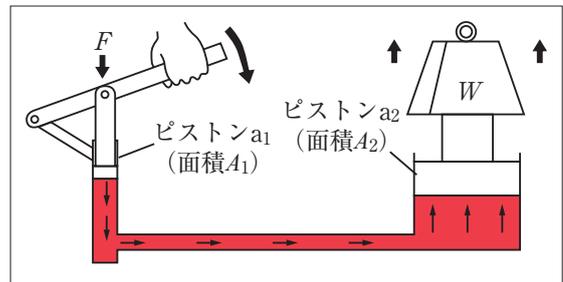


図3 油圧ジャッキモデル

ピストン  $a_1$  に  $F[\text{N}]$  の力を加えて、ピストン  $a_2$   
 の荷重  $W[\text{N}]$  と釣り合うようにすると、密閉容  
 器に発生する圧力  $p$  は、

$$p = F/A_1 \quad [\text{N/m}^2] \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$p = W/A_2 \quad [\text{N/m}^2] \quad \dots\dots\dots (3)$$

式(2)と式(3)から

$$p = F/A_1 = W/A_2$$

この式を変形して

$$W = F \cdot A_2 / A_1 \quad [\text{N}] \quad \dots\dots\dots (4)$$

式(4)から、ピストンの面積比を大きくすれば、  
 小さな力で大きな荷重を支えることができると  
 が分かります。

### 1.3.4 油圧装置の原理

図4を用いて油圧装置の成り立ちを説明します。

(a)において、パスカルの原理で説明したように、ハンドポンプのレバーを下げるとそれに見合った分だけシリンダの重りを上げることができます。この際、ハンドポンプにおいてレバーの動きによる機械エネルギーを流体エネルギーに変換し、油を介してエネルギーを伝達し、シリンダにおいて流体エネルギーをシリンダの動きという機械エネ

ルギーに変換して、重りを上げるという仕事をしたことになります。

(b)になると、油タンクとチェック弁が加わり、ハンドポンプのレバーの上げ下げを繰り返すことができるようになります。ハンドポンプのレバーを上げると、油タンクから油がポンプに流れ込み、レバーを下げると油はシリンダの方へ流れて行って重りを上げます。実際の油圧ジャッキの原理がこれに当たります。ここで、チェック弁は油の一方方向の流れは許しますが、逆方向へは流さない機能を持っています。ただし、このままでは重りを下げることができません。

(c)と(d)になると、油圧ポンプと油圧制御弁が加わり、連続的な動きで、シリンダの重りを上下に往復運動させることができるようになります。油圧ポンプは電動機などで駆動され連続的に油を送り出しています。(c)の状態では油圧制御弁が切り換えられていない状態ですので、油は油圧制御弁を素通りしてタンクに戻り、シリンダへは行きません。この状態では、重りは動きません。(d)のように油圧制御弁を下側に切り換えますと油はシリンダに流れ込み、重りが上昇します。油圧制御弁を逆側に切り換えますと、油の流れが油圧制御弁の中で方向が逆になり、今度は重りが下降します。これを繰り返すことによって、重りが往復運動することになります。ここで、リリーフ弁は回路の圧力が上がりすぎないようにするための回路の安全装置です。これが基本的な油圧装置の原理図です。

### 1.3.5 油圧装置の基本構成及び油圧機器

油圧装置の基本構成を図式化して表しますと図5のようになります。

ここで、構成要素の機能を示しますと、次のようになります。

- ① 油圧ポンプは機械エネルギーを流体エネルギーに変換する働きをする機器。
- ② 油圧制御弁は流体エネルギーを持った油の圧力、流量及び方向を制御する働きをする機器。
- ③ 油圧アクチュエータは流体エネルギーを機械エネルギーに変えて仕事をする機器。

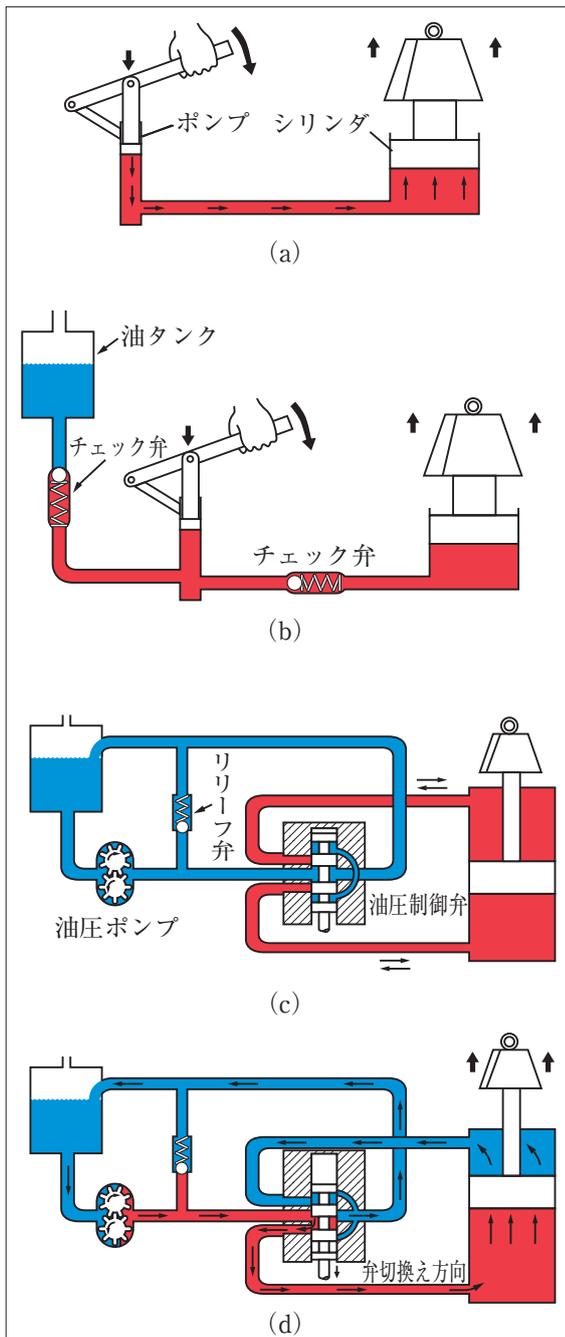


図4 油圧装置の原理

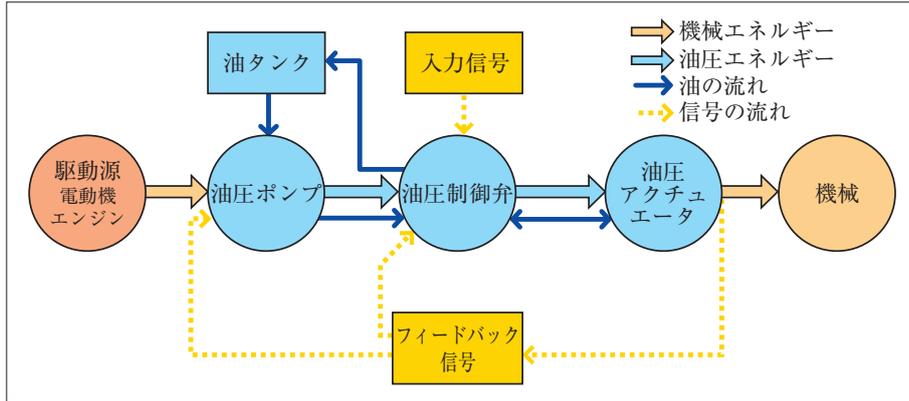


図5 油圧装置の基本構成

以上①～③の油圧機器に油タンク、フィルタ、アキュムレータ、クーラ、管路などの附属機器が付随して一連の装置を形成しています。

一般に、駆動源には電動機やエンジンを使用します。油圧ポンプは電動機などの機械エネルギーを受けて回転し、油タンクの油を吸い上げ、送り出すことにより高圧で流れる流体エネルギーに変えてアクチュエータに送ります。アクチュエータでは再び機械エネルギーに変えて機械に仕事をさせます。この機械の仕事を目的に合ったように制御するのが油圧制御弁です。アクチュエータで仕事に変換された油は低圧油となり、制御弁を經由

して油タンクに戻され、再び油圧ポンプに送られます。

### 1.3.6 油圧機器の種類

油圧機器にはいろいろな構造や機能をもっているものがあります。これらを機能や用途面から分類しますと図6のようになります。

## 1.4 おわりに

“油圧ってなに？”という人を対象に分かり易さを優先させてまとめたつもりです。初めて油圧を学ぶ人の参考になれば幸いです。

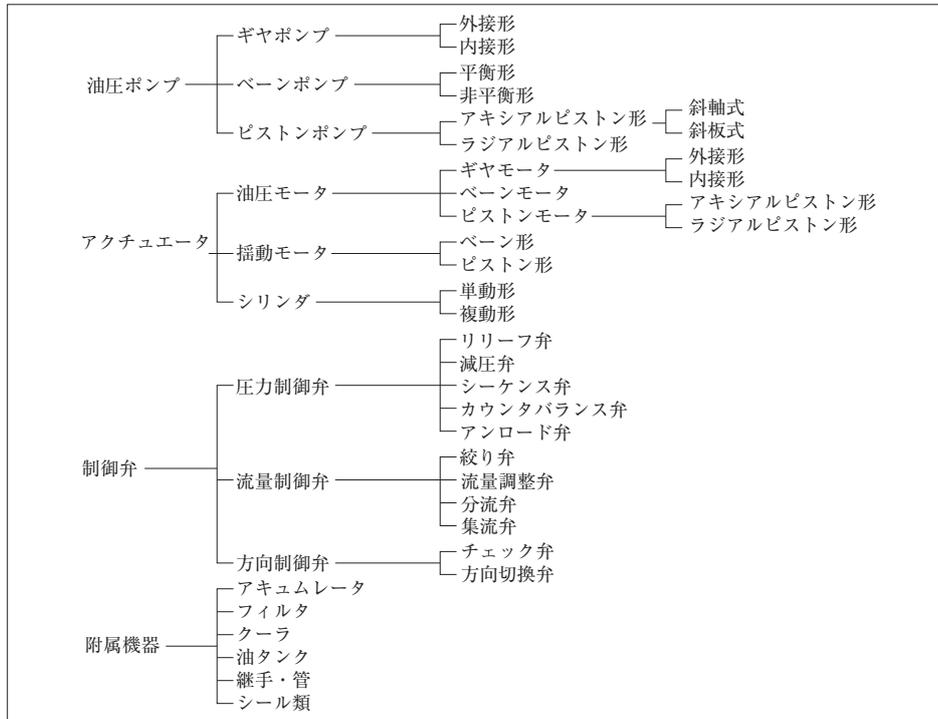


図6 油圧機器の種類

## 2. トンネル掘削用自由断面掘削機の油圧

### 2.1 はじめに

日本は道路、鉄道といった交通網が非常に発達しており、日常はもとより、災害時などの緊急事態においても、その利便性は認められています。また、日本の国土の70%以上を山地が占めていて、高速道路や鉄道、もしくは利便性を向上させるためのバイパス等は直線が望ましいため、必然的にトンネルが占める割合は高くなります。

山の下を通るトンネル、いわゆる山岳トンネルの施工において、最初に行う施工は掘削で、大きく分けて二つの施工方式があります。爆薬による爆発力を利用した発破掘削方式（図1）と、自由断面掘削機などの掘削機を使用する機械掘削方式（図2）です。

ここでは、自由断面掘削機について説明します。

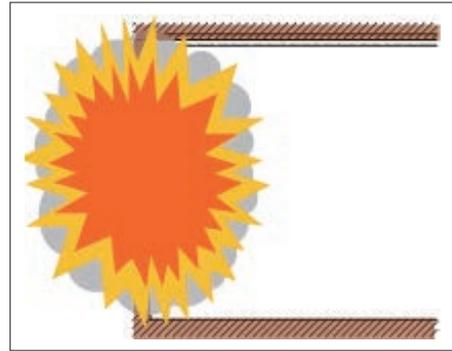


図1 発破掘削方式

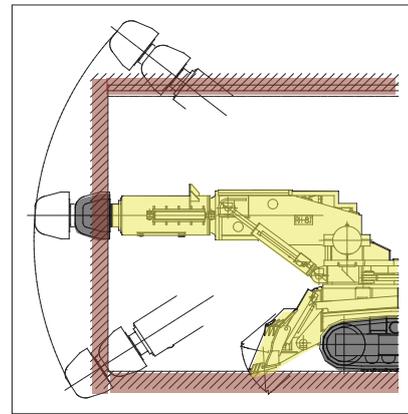
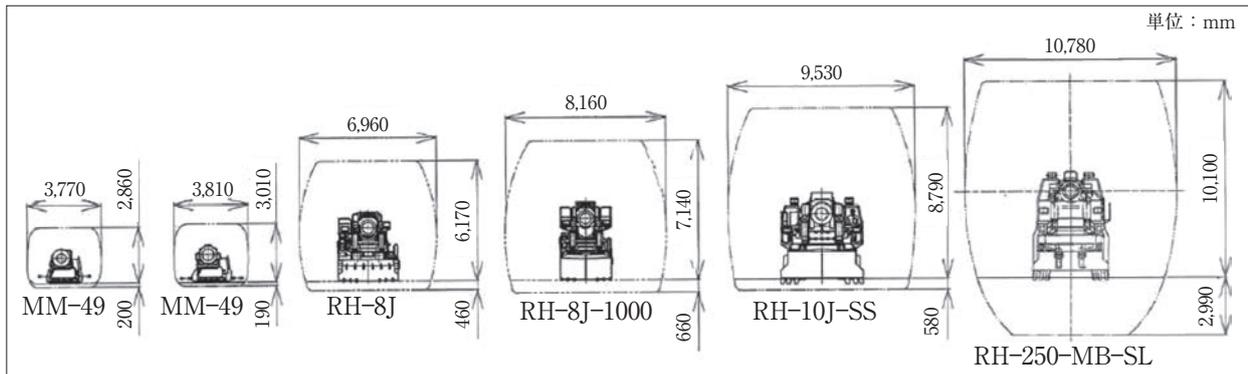


図2 機械掘削方式

### 2.2 自由断面掘削機の種類

自由断面掘削機的主要機種と比較表を表1に示します。

表1 自由断面掘削機の種類



機種	電動機出力(kW)	機体寸法 (m)	掘削寸法 (m)	機体質量 (t)
ミゼットマイナー MM-49	49	H 1.7 × W 2.0 × L 7.9	H 2.8 × W 3.8	24
ミゼットマイナー MM-90	90	H 1.7 × W 2.0 × L 8.0	H 3.3 × W 3.8	25
ブームヘッダー RH-8J	240	H 3.2 × W 3.0 × L 12.2	H 6.2 × W 7.0	54.5
ブームヘッダー RH-8J-1000	240	H 3.2 × W 3.0 × L 12.9	H 7.1 × W 8.1	55.5
ブームヘッダー RH-10J-SS	330	H 3.9 × W 4.2 × L 22.2	H 8.8 × W 9.5	120
ブームヘッダー RH-250-MB	250	H 5.5 × W 4.2 × L 21.6	H 9.0 × W 9.0	105
ブームヘッダー RH-250-MB-SL	250	H 5.1 × W 3.9 × L 23.1	H 10.0 × W 10.7	120

### 2.3 自由断面掘削機の特徴

ここでは図3に示した自由断面掘削機「RH-8J」を例に、その特徴について説明します。

RH-8Jは、高さ6~7m程度までの自動車及び鉄道用山岳トンネルの掘削で使用されます。

その動力を全て400V交流電源で賄っていて、カッターは240kW電動機+減速機、その他のアクチュエータには、55kW電動機+可変容量形ピストンポンプ1台と固定容量形3連ギヤポンプで油圧を供給しています。

カッターヘッドを回転させ、カッターブームで岩盤に押付ける事により掘削を行います。カッターブームは、上下、旋回、カッタースライド(ブーム先端が伸びる)の組合せで自由な作動領域を確保しています。それぞれが油圧シリンダで作動され、カッターヘッドを岩盤に、12トン程度の力で押付ける事ができます。油圧回路は特に複雑な制御を行っていませんが、それは掘削時に多大な振動が発生するため、簡単な回路で容量を持たせた構成にすることで、パワーを確保しつつ、機器の保護を可能とするためです。

走行はクローラで行い、トンネル現場の荒れた路面でも安定した走行を可能としています。アクチュエータは一般のクローラと同様の、クローラ用減速機付き油圧モータを採用しています。

機体の前後に装備された、フロントリガー、アウトリガーを掘削時に張り出すことにより、機体

を安定させて掘削反力を受けることを可能としています。

ケーブルリールは、長さ100mのケーブルを巻いたドラムで、油圧モータにより自由に巻取り、繰出しを可能としていて、機体に追従したケーブル長さを調整することができます。

操作は全て有線式の操作リモコンで行なうことができ、持ち運べることから、操作者は安全なところからの掘削が可能で、また作動範囲に他の作業員がいないか等の確認が容易にできます。

### 2.4 他機種紹介

図4に、RH-8J以外の自由断面掘削機を紹介します。

- ① RH-10J-SS：カッター電動機出力330kWの最大級の掘削機。主に8Jでは掘削範囲が足りない大断面で用いられる。また、固い岩盤にも強い。
- ② RH-250-MB-SL：最大の特長は、本体のフレームにもスライド機構を有していることで、定置掘削能力に優れている。
- ③ ミゼットマイナー：水路トンネル等の小断面トンネルに用いられる小型掘削機。



図3 RH-8J 全体



図4 他の機種

## 2.5 山岳工法

図5に代表的な工法であるNATM(新オーストラリアトンネル工法)を紹介します。

この工法は、主に山岳トンネルに用いられ、図5に示す機械類を用い、掘削した部分を素早く吹き付けコンクリートで固め、ロックボルトを岩盤奥深くまで打ち込むことにより(図6参照)、地山自体の保持力を利用してトンネルを保持する工法です。

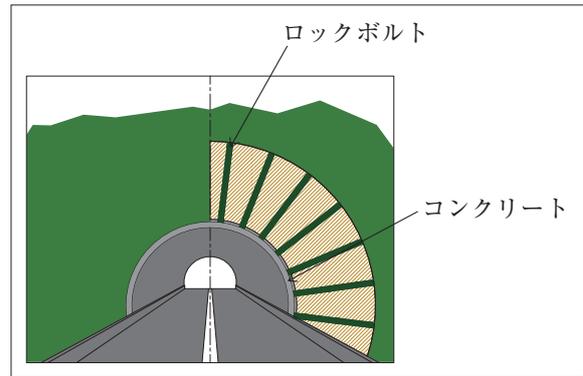


図6 トンネル断面図

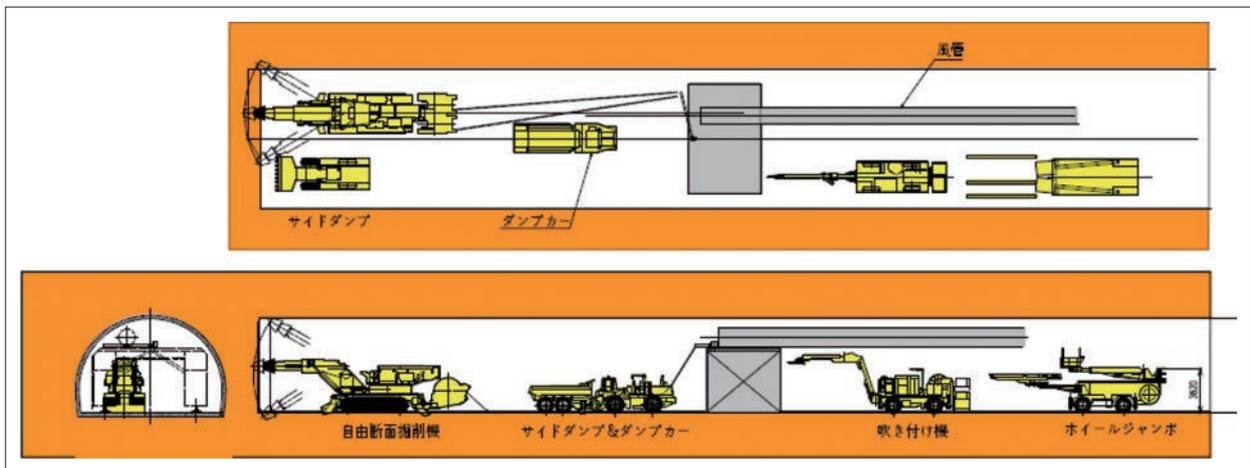


図5 NATM (新オーストラリアトンネル工法)

## 2.6 おわりに

掘削機は、トンネル掘削という激しい振動、粉塵等の非常に劣悪な環境で使用される機械で、その掘削能力はもとより、タフさも求められる機械です。

山岳トンネル用自由断面掘削機は、技術的に現段階ではほぼ完成形に至っており、今後は自由断面掘削機で得たノウハウを活用し、新規機械の開発が望まれています。

### 3. ゴミ収集車の油圧

#### 3.1 はじめに

毎日、大量のゴミが家庭やオフィスから発生します。そのゴミを収集し、焼却施設などに運搬する車両が、図1に示すゴミ収集車と呼ばれるものです。

皆さんも、ゴミ収集車がゴミ集積所にやって来て、ゴミの回収作業をしているところを目にしたことがあると思います。この時、ゴミは車両の後部のホッパー内にある積込み装置に投入され、圧縮プレートで荷箱に押し込まれているのです。その際、ゴミを圧縮する装置は油圧で制御され、限られた荷箱の空間に、効率よく押し込んでいきます。

#### 3.2 ゴミ収集車の種類

私たちが目にするゴミ収集車には、ゴミの積込み方式により大きく分けて回転板式とプレス式の2種類があります。

##### (1) 回転板式

ホッパー内に投入されたゴミを回転板で救い上

げて、押込板で荷箱内に押し込む方式です。

図2のように、

- ① 反転作動では回転板が右回転しはじめます。
- ② かき込み作動では後部のホッパーの底部にあるゴミを回転板でかき上げ、押込板の前に運びます。
- ③ 押し込み作動では上部にある押込板でゴミを荷箱へ押し込みます。

回転板は、油圧モータで、押込板は油圧シリンダで制御されます。

##### (2) プレス式

ホッパー内に上下する圧縮板があり、ゴミをプレスしてからかき上げて荷箱内へ積み込む方式です。

図3のように、

- ① 反転作動では圧縮板の先端を持ち上げます。
- ② 1次圧縮作動では圧縮板をスライドさせて下げて行き、ゴミを圧縮します。
- ③ 2次圧縮作動では圧縮板の先端を下げてホッパーの底部にゴミを押し付けて圧縮します。
- ④ 押し込み作動では圧縮したゴミをかき上げて荷箱内へ積み込みます。

圧縮板は油圧シリンダで制御されます。



図1 ゴミ収集車

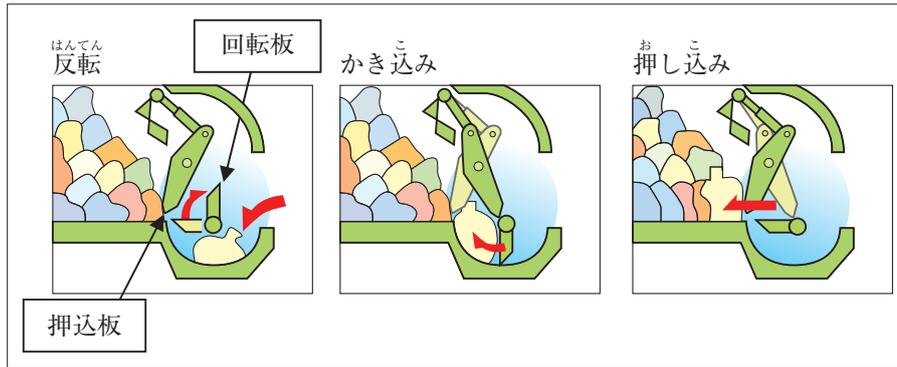


図2 回転板式

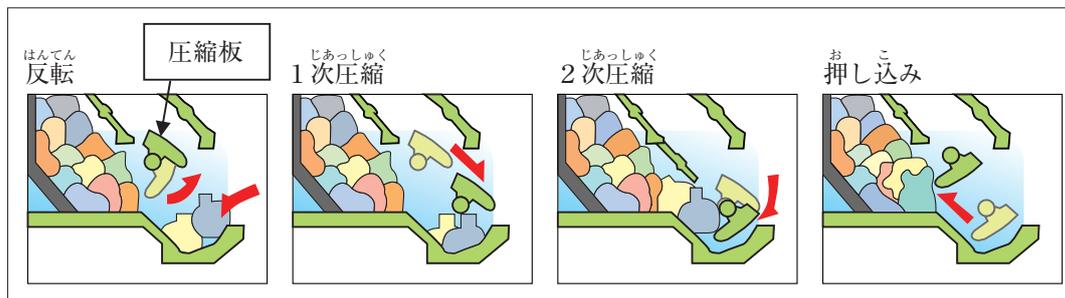


図3 プレス式

### 3.3 ゴミ収集車と油圧

ゴミ収集車には、効率よく多くのゴミが荷箱に積み込める機能が要求されます。また、圧縮するための装置には回転作動、直線作動が要求されます。そのため、パワーの制御と、動作の方向を容易に制御できる油圧が使用されています。

### 3.4 基本的な油圧システム

ゴミ収集車の油圧システムは、主として次の油圧機器で構成されています。

また、図4が基本的な油圧機器の構成です。

- ① 油圧ポンプ：エンジンなどの原動機にPTO（パワー・テイク・オフ〈英：Power take-off〉は、車両駆動用のエンジン動力を作業機の駆動のために取り出す機構のこと。）を介し接続され、入力軸が回転することで作動油を吐出し、シリンダや油圧モータを作動させます。
- ② 方向切換弁：油圧ポンプから吐出された作動油の方向を制御し、シリンダや油圧モータの運動方向を変えます。

- ③ 圧力制御弁：システムの圧力を制御し、積み込み能力を適切に制御します。

- ④ シリンダ：直線運動により、押込板を上下運動させゴミを適切に圧縮します。

また、ゴミの排出時にホッパーを開閉させます。

- ⑤ 油圧モータ：回転板式の回転板の動きを制御します。回転板に適切なトルクを与え、ゴミを適切に圧縮する機能を持っています。

なお、回転板と押込板などの圧縮装置は、お互いが干渉しないよう、作動の開始と終了を制御しなければなりません。このため、装置の位置をリミットスイッチで検出し、その信号で方向切換弁を作動させ、適切に制御しています。

### 3.5 油圧システムの変遷

使用されている油圧ポンプは、主として、固定容量形のギヤポンプと、可変容量形ピストンポンプに大別されます。ギヤポンプは簡単な構造であり安価であるというメリットがあります。

一方、省エネルギーへの対応には可変容量形ポ

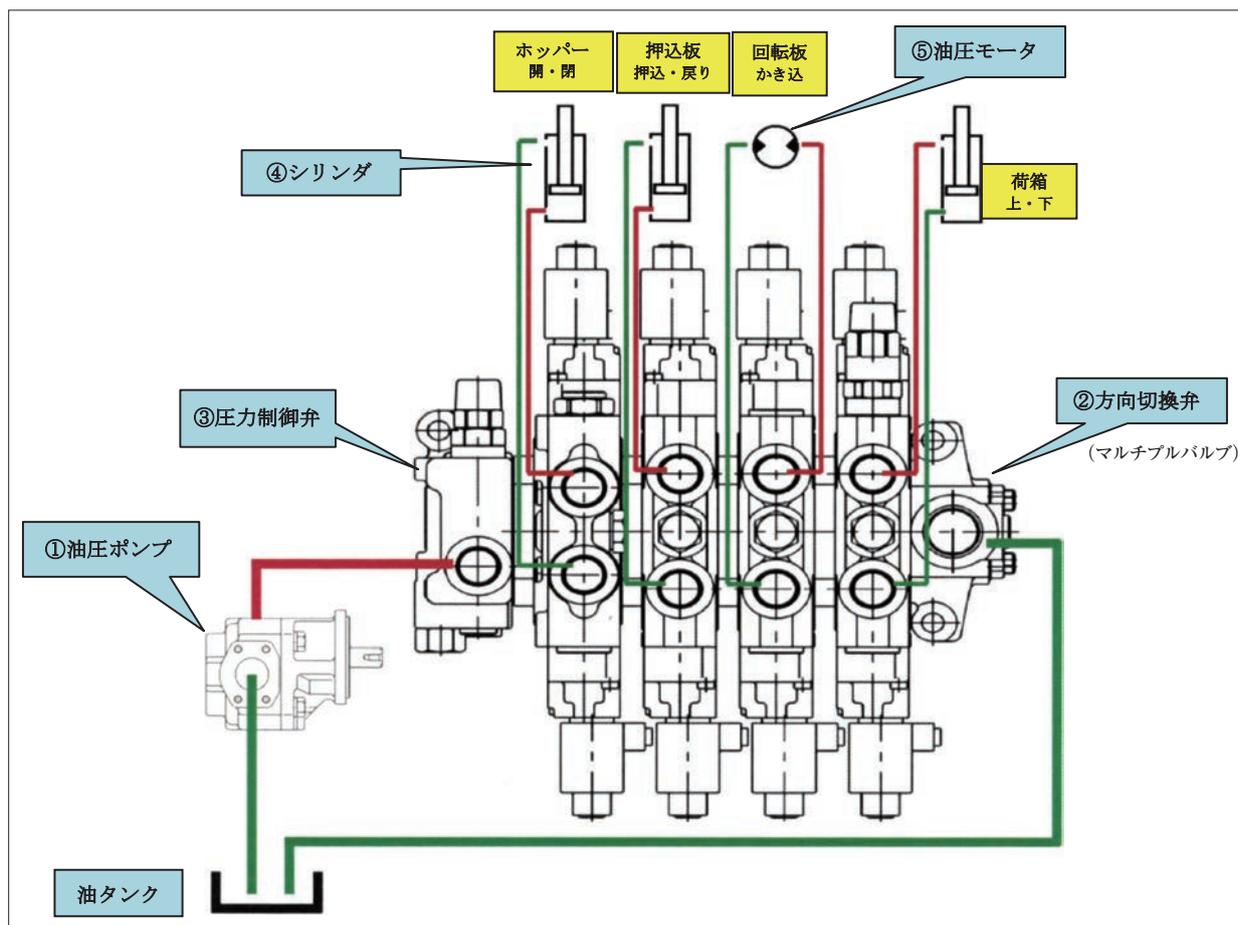


図4 基本的な油圧機器の構成 (例)

ンプが有利であることから、可変容量形ポンプが使用されているケースもあります。可変容量形ポンプを使用するメリットとしては次のようなことがあります。

- ① 油圧ポンプは一定流量に達すると、それ以上増えないように制御することができます。これにより、エンジン回転数を増加させても、積込み装置の速度は変わらないため、アクセルをふかすことがなく、騒音低減に有効です。
- ② 圧力が一定値まで上昇すると、油圧ポンプは必要な圧力を保持しつつ、吐出量を小さくします。これにより省エネルギー性の向上に有効です。

### 3.6 おわりに

私たちが目にするゴミ収集車には、積込み装置を制御するため油圧システムが採用され、多くの油圧機器が活躍しています。

ゴミ収集車は私たちの生活と密接な関係があるため、住宅街で稼働する機会が多く、また、運転される頻度の高い車両でもあります。

このことから、油圧機器には、低騒音化及び省エネルギーのための効率の向上が期待されています。

## 4. マグネシウム成形機の油圧

### 4.1 はじめに

近年、地球温暖化抑止の観点で製品の軽量化とリサイクル化を目的とした開発が盛んに行われています。これらを達成する手段のひとつとして、マグネシウム合金（以下 Mg 合金という）が注目されており、その採用が拡大しております。

Mg 合金は、アルミニウム合金と比較して密度は2/3と軽く、凝固は非常に早く（約1.5倍）、生産性が良い特性を持っています。

しかし、Mg 合金は燃焼しやすく、取り扱いが難しいという欠点があります。

ここでは、この欠点を克服したもので、安全で自動化が容易な成形法であるチクソモーディング法のマグネシウム成形機の油圧制御システムについて説明します。

### 4.2 マグネシウム成形機

マグネシウム成形機の外観を図1に、また、Mg 合金を材料とする部品の応用製品の例として、一眼レフカメラの外装部品を図2に示します。

Mg 合金を採用する目的は、軽量、金属感、放熱、リサイクル等であり、応用製品には、この他に携



図2 一眼レフカメラの外装部品

帯電話、ノートパソコンなどがあります。

#### 4.2.1 チクソモーディング法

Mg 合金の原料チップは、電動モータで回転するスクリュによって前方に移送されながら、シリンダの外周部に取り付けられたヒーターによって加熱されます。（図3射出部構造を参照してください。）

加熱された原料は、流動性の良い高温度の液状の状態（スラリーと呼ばれる）のまま大気に触れさせることなく、スクリュを前進させることによって金型内に充填されます。

この成形方法をチクソモーディングと呼んでいます。

Mg 合金は、凝固速度が非常に速いので、短時間に成形する必要があります。このため射出速度は、プラスチック成形に比べて約10倍です。



図1 マグネシウム成形機

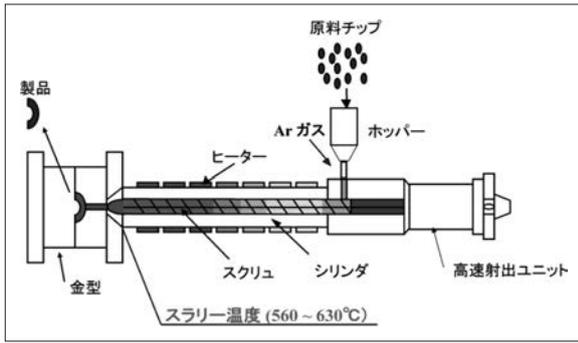


図3 射出部構造

### 4.2.2 油圧制御システム

金型内に充填されたMg合金は、数ms～数十msという短時間で凝固、流動停止するため、スクリュウを高速で前進させる必要があります。この動作は、油圧駆動方式のほうが電動駆動方式よりも優れており、油圧が使われています。

例えば、型締力2,200kNクラスのマグネシウム成形機のスクリュウの前進出力は瞬間、数100kWを必要としますが、アキュムレータと油圧サーボ弁を用いる油圧制御システムとすることによって容易に達成できます。

この油圧制御システムの例を図4に示します。

アキュムレータは、高圧の作動流体を蓄えておく機器で、瞬時に大流量を放出することができます。

また、油圧サーボ弁は、作動流体を高速、高精度に制御するために、流量を制御するスプールの位置決めはマイナー閉ループ制御としています。

その他、成形品にバリが発生しないように、射出シリンダの供給側と戻り側に油圧サーボ弁を用いてブレーキ性能を高めています。

### 4.3 おわりに

地球温暖化抑止の動きの中で、Mg合金の材料を使った製品化の例を取り上げました。

樹脂材料の成形機では、省エネルギー性、再現性などの点で、全電動モータ駆動方式が優れているとされていますが、マグネシウム成形機のように高速射出では油圧駆動方式の方が優れており、実用化されています。

油圧が応用できる分野は、他にもまだ沢山あると思います。

一人でも多くの若者が油圧システムに興味を持ち、油圧化の推進者になることを期待しています。

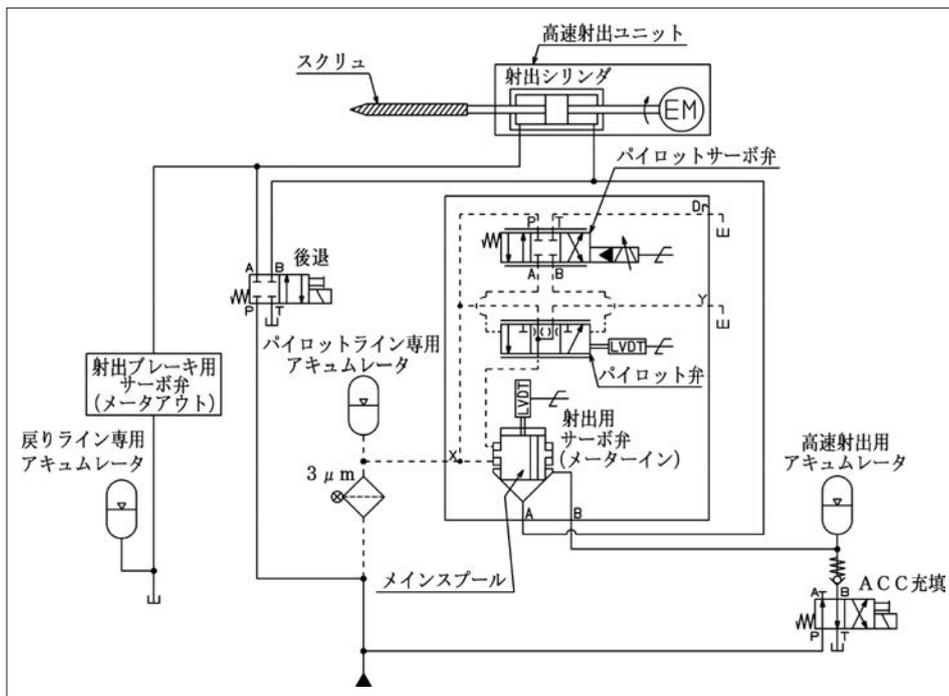


図4 高速射出の油圧制御システム (例)