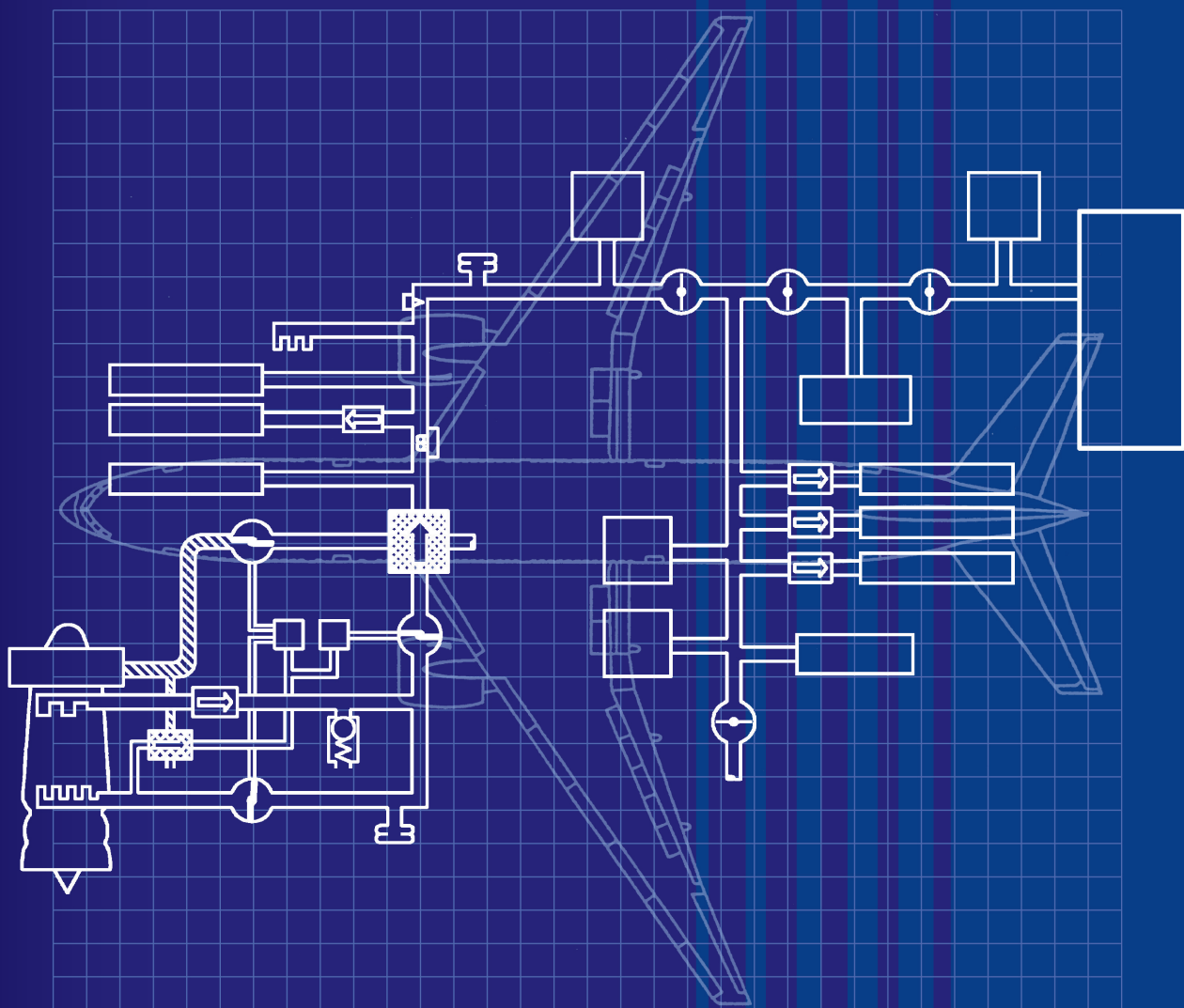


# 航空機システム

---

## System

---



## 目 次

第1章 油圧系統	1
1-1 概要	1
1-1-1 油圧システムの必要性	1
1-1-2 油圧系統の特徴	2
1-2 油圧系統の原理	2
1-2-1 流体の性質	2
1-2-2 圧力の発生と伝達	3
1-3 基本の油圧系統	5
1-3-1 マスタ・シリンダおよびアクチュエーティング・シリンダ (Master Cylinder and Actuating Cylinder)	5
1-3-2 リザーバ (Reservoir)	6
1-3-3 チェック・バルブ (Check Valve)	6
1-3-4 切替弁 (Selector Valve) とリターン・ライン	7
1-3-5 四方切替弁 (Four Way Valve または Four-port Selector Valve)	8
1-3-6 ポンプおよびリリーフ・バルブ (Pump and Relief Valve)	9
1-3-7 圧力調整器 (Pressure Regulator)	10
1-3-8 アンローディング・バルブ (Unloading Valve)	10
1-3-9 オープン・センタ系統 (Open Center System)	11
1-3-10 基本油圧系統の作動	11
1-3-11 油圧系統に使われる材料	12
1-4 作動液	12
1-4-1 作動液の種類	13
1-4-2 作動液の汚染	14
1-4-3 汚染の点検	14
1-4-4 汚染の制御	15
1-5 油圧系統の構成部品	16
1-5-1 リザーバ (Reservoir)	16
1-5-2 熱交換器 (Heat Exchanger)	19
1-5-3 ポンプ (Hydraulic Pump)	20
1-5-4 油圧弁 (Hydraulic Valve)	28
1-5-5 アキュムレータ (Accumulator : 蓄圧器)	40

1-5-6	フィルタ (Filter ; ろ過器)	43
1-5-7	アクチュエータ (Actuator ; 作動装置)	47
1-6	油圧ブレーキ系統	51
1-6-1	マスタ・シリンダ・ブレーキ系統	51
1-6-2	動力ブレーキ制御弁系統	54
1-7	実際の油圧系統	56
1-7-1	油圧系統の多重化	56
1-7-2	油圧系統の実例	59
<b>第2章</b>	<b>空気圧系統</b>	<b>63</b>
2-1	空気圧系統 (Pneumatic System) の利用と特徴	63
2-1-1	空気圧の利用	63
2-1-2	空気圧の特徴	63
2-2	気体熱力学の基礎	64
2-3	空気圧の供給源	65
2-3-1	圧縮空気の供給	65
2-3-2	圧縮空気の需要	68
2-3-3	その他の圧縮空気供給源	68
2-4	圧力・温度の調整	70
2-4-1	圧力調整	70
2-4-2	温度調整	70
2-5	空気の供給路	71
2-6	空気圧系統の構成部品と作動	72
2-6-1	制御とサーボの基本原理	73
2-6-2	空気圧系統の構成部品	74
2-7	系統の表示	82
2-7-1	バルブ作動状態表示	83
2-7-2	圧力表示	84
2-7-3	温度表示	84
2-7-4	保護装置	84
2-8	空気圧系統と作動状態表示の実例	85
2-9	空気動力系統の整備	87

第3章 酸素系統	88
3-1 概要	88
3-2 大気と呼吸作用	89
3-3 酸素供給装置の必要性	91
3-3-1 補充用酸素装置 (Supplemental Oxygen System)	91
3-3-2 防護用呼吸装置 (Protective Breathing)	92
3-3-3 救急用酸素装置 (First Aid Oxygen)	93
3-4 酸素供給装置の区分	94
3-4-1 乗員用酸素装置 (Crew Oxygen System)	94
3-4-2 乗客用酸素装置 (Passenger Oxygen System)	94
3-5 酸素ガスと供給	95
3-5-1 圧縮酸素ガス方式	95
3-5-2 液体酸素方式	97
3-5-3 固形酸素方式	99
3-6 酸素調整機能	100
3-6-1 連続流量型 (Continuous Flow Type)	100
3-6-2 要求流量型 (Demand Type)	101
3-6-3 圧力型 (Pressure Type)	103
3-7 酸素マスク	104
3-8 乗客用非常酸素装置	106
3-8-1 圧縮酸素ガス方式	106
3-8-2 固形酸素ガス方式	107
3-9 酸素装置の整備・補給	108
3-10 酸素系統の実例	110
3-10-1 小型機の酸素系統	110
3-10-2 ビジネス・ジェット機の酸素系統	111
3-10-3 大型ジェット機の酸素系統	112
3-10-4 大型ジェット機の酸素系統 (乗員用)	113
第4章 空調・与圧系統	114
4-1 空調・与圧系統の目的	114
4-2 用語と定義	115

4-3	系統作動の基本	116
4-4	客室圧力の供給源	118
4-4-1	エンジンからの抽気	118
4-4-2	過給機・圧縮機 (Supercharger・Compressor)	118
4-4-3	ポジティブ・ディスプレイスメント客室圧縮機 (過給機)	119
4-4-4	遠心式客室圧縮機	120
4-4-5	過給機・圧縮機の制御	121
4-5	空気調和系統	122
4-5-1	冷却系統	122
4-5-2	エア・サイクル冷却装置	123
4-5-3	ベーパ・サイクル冷却装置 (フレオン式)	125
4-5-4	電子・電気装備品の冷却	129
4-6	暖房系統	130
4-6-1	燃焼ヒータ	130
4-6-2	電気ヒータ	136
4-6-3	放熱板	136
4-6-4	排気ガス暖房装置	136
4-7	換気機能	137
4-8	空気調和系統の制御	138
4-8-1	系統・装置の作動例	139
4-9	与圧系統	141
4-9-1	アウトフロー・バルブ (Outflow valve)	142
4-9-2	与圧系統の制御	143
4-9-3	空気式の与圧装置	145
4-9-4	空気式の与圧バルブ	146
4-9-5	客室圧安全バルブ	148
4-10	空調および与圧系統の整備	150
4-10-1	検査	150
4-10-2	保守	151
4-10-3	作動点検	151
4-10-4	故障探究 (Troubleshooting)	152

第5章 防除氷系統	154
5-1 概要	154
5-1-1 着氷の防止	155
5-2 空気式除氷装置 (Pneumatic Deicing System)	156
5-2-1 デアイサ・ブーツの構造と除氷系統	156
5-2-2 除氷装置の構成部品	159
5-2-3 空気圧による除氷装置の整備	161
5-3 熱防除氷装置	162
5-3-1 エンジン・ブリード・エア (Engine Bleed Air)	163
5-3-2 エンジン排気熱交換器 (Engine Exhaust Heat Exchanger)	164
5-3-3 燃焼加熱器 (Combustion Heater)	164
5-3-4 電氣的防除氷	165
5-3-5 化学的防除氷	165
5-4 翼の防除氷	165
5-5 プロペラの防除氷	166
5-6 レシプロ・エンジンの防除氷	167
5-6-1 予熱方式 (Pre-heating)	167
5-6-2 アルコール噴射	167
5-7 エンジン・ナセルの防氷	167
5-7-1 サーマル・アンチアイス (Thermal Anti-ice) 方式	167
5-7-2 電氣的防除氷方式	168
5-8 ガスタービン・エンジンの防氷	168
5-9 感知器の防氷	169
5-10 空気取入口の防氷	170
5-11 排水口の防氷	170
5-11-1 ドレーン・マスト (Drain Mast) の防氷	170
5-11-2 洗面所サービス・ポートの防氷	170
5-12 アンテナの防氷	171
5-13 風防と窓の防氷	172
5-13-1 防氷液の使用	172
5-13-2 暖気の使用	173
5-13-3 電熱の使用	173
5-14 雨滴除去装置 (Rain Removal)	174

5-14-1	ウインドシールド・ワイパ (Windshield Wiper)	175
5-14-2	空気カーテン (Air Curtain)	175
5-14-3	レイン・リペレント (Rain Repellent)	176
5-14-4	ウインド・ウォッシャ (Window Washer)	176
5-15	地上における除氷・除雪	177
5-15-1	機械的方法	177
5-15-2	防氷液の散布	177
5-15-3	防氷液とホールド・オーバー・タイム	178
5-16	着氷感知器	178
5-16-1	目視による方法	179
5-16-2	着氷感知器の種類	179
5-17	ヘリコプタの防除氷装置	180
5-17-1	電熱加熱式防氷装置	180
5-17-2	空気式除氷装置	182
<b>第6章 防火系統</b>		<b>183</b>
6-1	概要	183
6-2	火災の探知方法	184
6-3	火災警報	185
6-4	ファイア・シャットオフ (Fire Shutoff)	185
6-5	火災検知器 (Fire Detector)	186
6-5-1	サーマル・スイッチ型火災検知装置 (Thermal Switch Type Fire Detector)	186
6-5-2	サーモカップル型火災検知器 (Thermocouple Type Fire Detector)	188
6-5-3	抵抗式ループ型火災検知装置 (Resistance Loop Type Fire Detector)	188
6-5-4	容量型 (Capacitance Type)	190
6-5-5	圧力型 (Pressure Type)	191
6-6	煙検知器	192
6-6-1	直視型煙検知装置 (Visual Smoke Detector)	192
6-6-2	光電型煙検知装置 (Photo Electric Smoke Detector)	193
6-6-3	イオン型煙検知装置	193
6-7	消火装置 (Fire Extinguishing System)	193
6-7-1	消火剤 (Fire Extinguishing Agent)	194
6-7-2	消火剤容器 (Container)	195

6-7-3	消火剤の噴射	197
6-8	区域別防火装置	201
6-8-1	エンジン（動力装置）	201
6-8-2	補助動力装置（Auxiliary Power Unit）	201
6-8-3	荷物室	202
6-8-4	ダクト周辺	202
6-8-5	車輪格納庫（Wheel Well）	203
6-8-6	装備品の冷却（Equipment Cooling）	203
6-8-7	サージ/ベント・タンク	203
6-8-8	洗面・トイレ（Lavatory）	203
6-8-9	燃焼加熱器（Combustion Heater）	204
6-9	携帯用消火器（Portable Fire Extinguisher）	204
<b>第7章 燃料系統</b>		<b>207</b>
7-1	概要	207
7-1-1	燃料系統の重要性	207
7-1-2	燃料系統の基本要件	208
7-2	燃料供給系統（Fuel Feed System）	208
7-2-1	重力式燃料供給系統	208
7-2-2	動力式燃料供給系統	209
7-3	通気系統（Tank Vent System）	209
7-4	燃料補給系統（Fueling System）	210
7-5	燃料放出系統（Fuel Dump System）	211
7-6	クロス・フィード（Cross Feed）	212
7-7	燃料系統に付随する系統・装置	213
7-7-1	ガスおよび余剰燃料帰路	213
7-7-2	プライマ（Primer）	213
7-7-3	燃料加熱器（Fuel Heater）	213
7-8	実機の燃料供給系統	214
7-8-1	単発機の一例	214
7-8-2	双発機の一例（高翼双発ターボプロップ機）	216
7-8-3	4発ビジネス機	217
7-9	エンジン燃料系統	218



7-10	燃料系統構成部品	219
7-10-1	燃料タンク	219
7-10-2	燃料ポンプ (Fuel Pump)	221
7-10-3	燃料ろ過器 (Fuel Strainer or Filter)	225
7-10-4	燃料弁 (Fuel Valve)	226
7-10-5	燃料チューブと継ぎ手 (Plumbing & Fitting)	228
7-11	燃料油量計系統 (Fuel Quantity Indication System)	228
7-12	その他の燃料表示装置	230
7-12-1	燃料流量計 (Fuel Flow Indication System)	230
7-12-2	燃料圧力計系統 (Fuel Pressure Indication System)	232
7-12-3	燃料温度計系統 (Fuel Temp Indication System)	232
7-13	燃料マネージメント (Fuel Management)	232
7-14	燃料補給等の作業	234
<b>第8章</b>	<b>補助動力装置系統</b>	<b>236</b>
8-1	概要	236
8-2	APU のガスタービン・エンジン	237
8-2-1	ガスゼネレータ (Gasgenerator)	237
8-2-2	APU の型式と機能	237
8-3	APU の制御	242
8-3-1	APU の自動停止	244
8-3-2	APU の起動と停止	244
8-3-3	APU のコントロール・パネル	245
8-3-4	APU の火災防止装置	246
8-4	APU の性能	247

# 第1章 油圧系統

## 1-1 概要

油圧系統（Hydraulic System：油圧装置とも呼ぶ）とは、航空機のエンジンまたはその他の動力から取り出した機械的な力を油圧ポンプによって流体（Fluid）を昇圧させ、これを配管を通して油圧アクチュエータ（Actuator：作動筒）や油圧モータなどの機械的な力に変換する力の伝達装置をいう。油圧動力系統（Hydraulic Power System）とは、昇圧させて各部に送るまでの部分をいい、それより後流は利用する系統、例えば脚系統や操縦系統の範ちゅうに含まれる。

流体は気体（GasまたはPneumatic）のような圧縮性物質、または液体（Liquid）の非圧縮性物質の総称である。航空機の油圧系統では、この液体を用いる。流体と液体とは同じものではないが、油圧系統の説明では両者はしばしば混同して使われている。

### 1-1-1 油圧系統の必要性

初期の飛行機は草原に離着陸し、ブレーキとして尾櫓<sup>そり</sup>を用いたが、舗装滑走路が用いられるようになると、これに代わるブレーキ装置が必要となった。これが航空機に油圧系統が導入されることになった端緒で、第1次世界大戦中のことである。この装置は第二次世界大戦に著しく進歩し、脚およびフラップの操作系統、動力砲架などにも利用され、さらに操縦系統に油圧を導入することによって高速ジェット機の飛行を可能にした。また、この装置の進歩がなければ大型ヘリコプタの実用化は不可能であったといわれている。

油圧系統の初期の系統圧力は材料、シールなどの技術水準から 1,000 psi (約 70 kg/cm<sup>2</sup>) 程度であったが、各分野の技術水準が急速に向上した 1940 年代後期には 3,000 psi (約 210 kg/cm<sup>2</sup>) に達した。油圧系統は現在も、電力、空気圧とともに航空機の重要な動力源の 1 つである。

油圧系統は大きな力が得られかつ制御しやすいことから、最近の大型機ではブレーキ、着陸装置、ほとんどの操縦系統の作動あるいはドア開閉、ワイパー作動など大変広範囲に使われている。

(参考)  $\text{psi (pounds per square inch)} = 1 \text{ b/in}^2$

毎平方インチ当たりのポンド数で圧力の単位

$$1 \text{ psi} = 0.0703 \text{ kg/cm}^2$$

### 1-1-2 油圧系統の特徴

油圧系統は複雑な機械的リンク機構を必要とせず多くの仕事ができることが特徴であり、次のような数多くの長所をもっている。

- (1) 装置重量の割に大きな力と動力が得られ、制御しやすい。
- (2) 作動または操作させる場合、運動方向の制御が容易で、応答速度も速い。
- (3) 運動速度の制御範囲が広く、無段変速ができる。
- (4) 遠隔操作が容易である。
- (5) 過負荷に対しても安全性が高い。
- (6) 回路構成が簡単である。

一方、この装置には次のような短所がある。

- (1) 作動液が漏れると機能が損なわれる。
- (2) 機械的可動部が摩耗し、性能低下や作動液の汚染を生ずる。
- (3) 作動液の温度上昇にともなう粘性の変化、構造部分のひずみなどによる制御の精度の低下を生じやすい。
- (4) パイプなどの接続個所で作動液が漏れやすく、作動液が燃える危険があり、整備に手間がかかる。

## 1-2 油圧系統の原理

流体は2つの利用方法がある。1つは流れている状態での動的な性質と、もう1つは閉じ込められている状態での静的な性質である。油圧系統には、主として流体の静的な性質が利用される。

### 1-2-1 流体の性質

ある流体の圧縮性とは、圧縮される前よりも小さな空間または体積にすることができる能力をいう。圧縮された状態のもとでは、流体は元の体積に戻ろうとする性質があり、このときには周囲のすべての部分に外向きの力を発揮する。

いま、一定量の水に  $100 \text{ lb/in}^2$  ( $7.03 \text{ kg/cm}^2$ ) の圧力を加えたとしても、その体積は元の体積の約  $3/10,000$  だけ減る。水以外の液体でもほぼこれと似たようなものであり、液体は非圧縮性であるといえることができる。

流体の熱膨張 (Thermal Expansion) は温度の上昇によって流体の体積が増加することをいう。熱膨張率は流体によって異なり、例えば、油類は水より熱膨張率が大きい。

気体または液体に関して流動性 (Fluidity) という語が用いられる場合、これは、ある力に対してその流体が変形しやすいかどうかをあらわす用語である。いま、水が四角な容器から丸い容器に注ぎ

込まれたとすると、水はすぐはその容器の形に従った形状となる。タールや重油のような液体は、水よりは変形の速さがゆっくりしている。航空機の油圧系統に使われる液体は、一般に鉱物性液か、または軽い植物性液、あるいは合成液であって、それが通る配管や装置の形に従って容易に変化するものである。

流体の粘性 (Viscosity) とは、その流体内の剪断応力によって物体の表面に粘着したり、あるいは物体との相対運動を妨げようとする性質をいう。重く、ゆっくりと流れる流体は高い粘性をもち、軽く、速やかに流れる流体は粘性が低い。流体の性質はその温度によって変わる。自動車のエンジンは冬には起動しにくい、これは温度低下によって滑油の粘性が増すためである。油圧系統の液体にも温度が変化した場合はほぼこれと同様の影響がある。

### 1-2-2 圧力の発生と伝達

容器に閉じ込められた液体は、常にすべての方向に同じ大きさの圧力を発揮する。例えば、 $1\text{ cm}^2$  の断面積の口をもったびんに水を満たし、びんの口にコルクの栓を取り付け、この栓に  $1\text{ kg}$  の力を加えたとして、びんの内面に働く全体の力は内面の全面積に  $1\text{ kg}$  を掛けた力と等しくなる。従って、コルクの栓に  $1\text{ kg}$  の力が働いており、びんの内面面積が  $50\text{ cm}^2$  であるとすれば、全内部表面に働く力は  $50\text{ kg}$  である。

このような反作用はパスカルの法則 (Pascal's Law) で説明される。この法則によれば「閉じ込められた流体の任意の点に働く圧力は損失なくすべての方向に伝達され、しかもこの圧力は容器の全体の各部分に直角方向に働く」。

この原理を示すと図 1-1 のようになる。シリンダ A は管によってシリンダ B に連結されている。シリンダ A 中のピストン 1 は  $1\text{ cm}^2$  の断面積をもち、シリンダ B 中のピストン 2 は  $10\text{ cm}^2$  の断面積をもつ。ピストン 1 に  $1\text{ kg}$  の力を加え、ピストン 1 の内部に  $1\text{ kg/cm}^2$  の圧力 ( $1\text{ kg} \times 1\text{ cm}^2$ ) が生じたとすれば、流体、壁、シリンダの底、管の内面、ピストンの下面などはすべて同じ

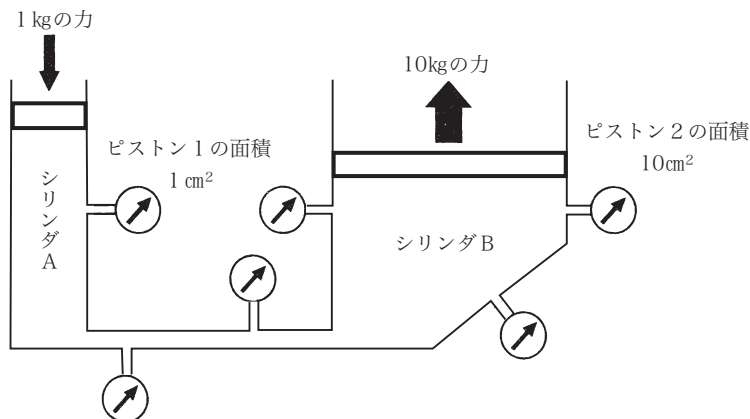


図 1-1 圧力の伝達 (壁面に直角に  $1\text{ kg/cm}^2$  の圧力が作用する)

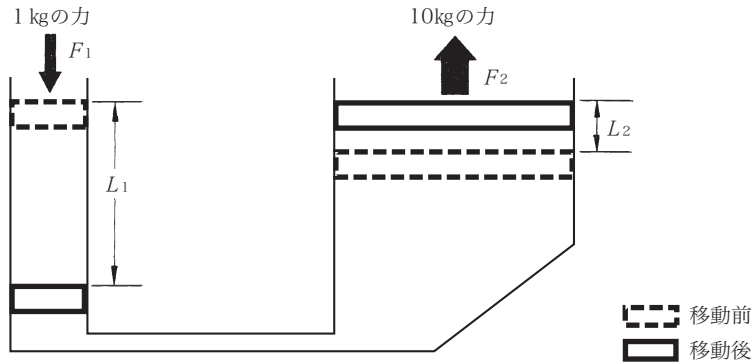


図1-2 力の伝達

く  $1 \text{ kg/cm}^2$  の圧力を受ける。このようにして、ピストン2の下面も  $1 \text{ kg/cm}^2$  の圧力を受け、このときピストン2の面積は  $10 \text{ cm}^2$  であるから、このピストンに働く全力は  $1 \times 10$ 、つまり  $10 \text{ kg}$  である。

図1-2はピストン1が動いた後の状態を示す。ピストンが  $1 \text{ kg}$  の力を受けながらシリンダAの中を下方に動くにつれて流体がシリンダBのほうへ流れ込み、ピストン2を上方に押し上げる。ピストン2の面積はピストン1の10倍であるから、ピストン2の動く距離はピストン1の  $1/10$  である。このようにして、距離と速度を犠牲にして力が拡大される。

この原理は次のような理想的な状態を仮定したものであるから、実際の油圧系統には多少の損失がともなう。

- ・作動液には圧縮性がない。
- ・シリンダとピストンとの間には摩擦がなく、移動にともなう損失はない。
- ・作動液の流れには粘性などによる抵抗が全くない。
- ・各シリンダには加圧による変形がない。
- ・作動液の漏れがない。

これを理論式であらわすと次のようになる。

- (1) 力  $F$  は、圧力  $P \times$  面積  $S$  であるので

$$F_1 = PS_1 \quad F_2 = PS_2 \dots\dots\dots (1-1)$$

- (2) 作動液の移動量  $Q$  (吐出量)

$$Q = S_1L_1 = S_2L_2 \dots\dots\dots (1-2)$$

- (3) 仕事量  $W$  は、力  $\times$  距離であるから

$$W = F_1L_1 = F_2L_2 \dots\dots\dots (1-3)$$

さらに時間要素を加えると

- (4) ピストンの速さ (それぞれ  $V_1$ 、 $V_2$  とする)

$$V_1 = L_1 / T \quad V_2 = L_2 / T \dots\dots\dots (1-4)$$

- (5) 吐出率  $R$  は  $Q/T$  であり、また式 (1-2)、(1-4) から

## 1-3 基本の油圧系統

$$R = S_1 V_1 = S_2 V_2 \dots\dots\dots (1-5)$$

(6) 仕事率  $H$  は  $F \times V$ 、また  $W/T$  であり、式 (1-3)、(1-4) から

$$H = F_1 V_1 = F_2 V_2 \dots\dots\dots (1-6)$$

式 (1-1) ~ (1-6) まではまとめると、次の関係式が得られる。

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{L_1}{L_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

小さな油圧ポンプが比較的重い着陸装置や動翼、フラップ、その他の大きな装置を作動させることができるのは、すべて以上のような力の拡大の原理によるものである。

### 1-3 基本の油圧系統

航空機の油圧系統では、配管の中へ閉じ込めた液体を使って 1 カ所から他の個所へと圧力を伝達する。この場合、少しの摩擦を無視すれば配管の曲がりの数や長さにはかかわらず、圧力は配管の両端で同じである。

配管をその管径より大きなシリンダに連結し、このシリンダ内にピストンを挿入すると配管の端に加えた力を増加させることができる。ある一定流量で油圧系統の配管中に液体を押し込めば、ピストンはこれより速度は遅いがもっと大きな力で動く。このピストンの運動およびその力を、ピストン・ロッドを介して航空機の作動を必要とする任意の機構へ伝達する。

このように、液体を使用して圧力を伝達し力を拡大できる装置は、実際にはさらに種々な工夫がなされて複雑な装置となっている。

#### 1-3-1 マスタ・シリンダおよびアクチュエーティング・シリンダ (Master Cylinder and Actuating Cylinder)

図 1-3 は閉塞型油圧系統 (Closed System) と呼ばれる最も基本的な油圧系統である。図中左側の装置はマスタ・シリンダ (親シリンダ) またはハンド・ポンプ (Hand Pump) と呼ばれるもので、A であらわし図中右側の装置はアクチュエーティング・シリンダ (作動シリンダ) と呼ばれるもので、B であらわす。A の中のピストン C から B の中のピストン D の間は作動液で満たされている。マスタ・シリンダ内のピストン C を下方へ押すと、作動液はシリンダ B の下部へ流入する。この作動液が非圧縮性であれば、ピストン D は上方へ押し上げられ、同時にピストン・ロッドも上がりスプリングを圧縮する。マスタ・シリンダによってつくり出された圧力を解除すると、今まで圧縮されていたスプリングがピストン D を元の位置へ返す。このとき、ピストン C も元の位置へ戻る。

この非常に簡単な油圧系統には次のような欠点がある。

- (1) ピストン D の動く距離が短い。
- (2) 作動液の熱膨張・収縮によってピストン D の位置が変わる。

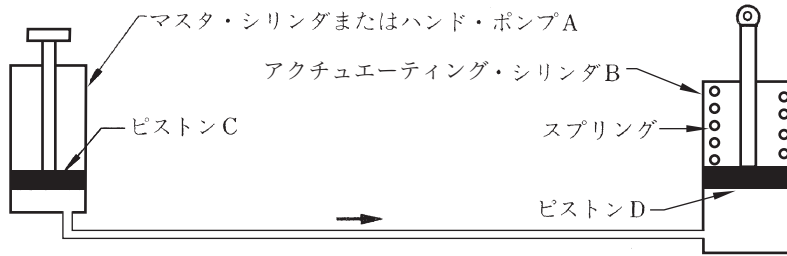


図 1-3 閉塞型油圧系統

### 1-3-2 リザーバ (Reservoir)

前述のような油圧系統の欠点を補うために、系統の中へリザーバを挿入することが考えられた。リザーバはこの系統へ供給する液体を貯蔵する一種のタンクであって、系統を作動させ、かつ、非常事態に備えて予備の液体を供給できるよう十分な容量をもたせてある。リザーバは系統の作動に必要な液体を供給するだけでなく、漏れによって失われた量を補充したり、熱膨張によって系統から押し出された余分の液体を受けるための余積室 (Expansion Chamber) の役目もする。また、各所から油圧系統内に入り込んだ気泡はリザーバによって抜かれる。

図 1-3 にリザーバを追加すると図 1-4 のようになる。このリザーバは大気へ通気されているので、閉塞型油圧系統に対比して通気型油圧系統 (Vented System) と呼ばれる。

図 1-4 のような油圧系統では、ピストン C を押すと液体をリザーバのほうへ押し戻してしまうので、実際の油圧系統としては機能しないことになる。

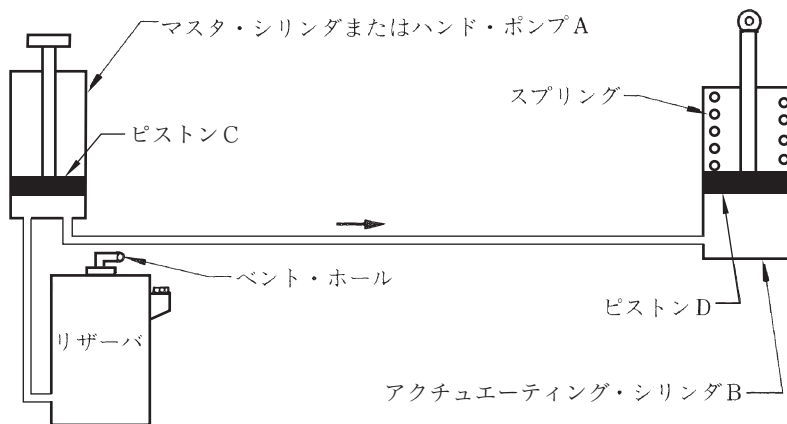


図 1-4 リザーバを追加した基本油圧系統

### 1-3-3 チェック・バルブ (Check Valve)

チェック・バルブ (逆止め弁) は液体を一方方向へのみ流すが、その反対方向へは流さない装置である。図 1-5 は図 1-4 の基本油圧系統に、さらにチェック・バルブ G と H を追加した油圧系統である。

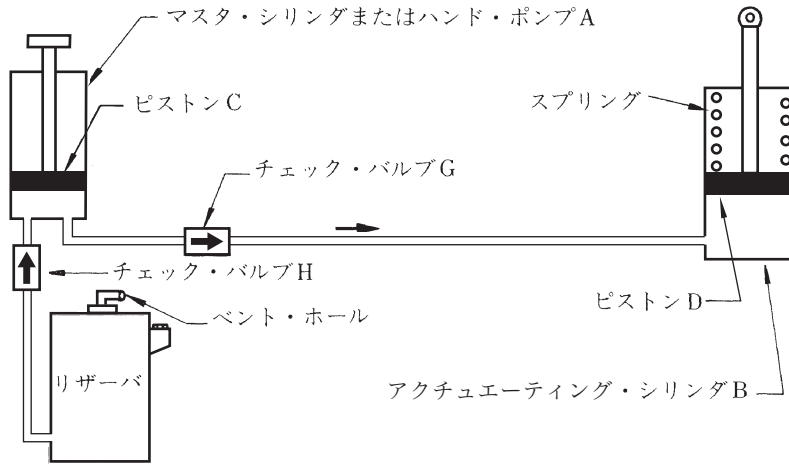


図 1-5 チェック・バルブを追加した基本油圧系統

ピストン C を上方に動かすと、マスタ・シリンダはリザーバから作動液を吸い込む。前からシリンダ B にあった液体はチェック・バルブ G によってマスタ・シリンダへ入るのを阻止される。従って、すべての液体はシリンダ B へ送り込まれる。このようにして、アクチュエーティング・シリンダ B のピストン・ロッドはその全行程にわたって動かしたり、または希望の位置で止めたりすることができる。

このような油圧系統ではピストン・ロッドを伸ばすことはできるが、チェック・バルブ G がシリンダ B からの液体の戻りを阻止するためにスプリングの力でピストン D が元に戻ることはできない。

#### 1-3-4 切替弁 (Selector Valve) とリターン・ライン

切替弁（選択弁）は液体の流れの方向をいくつかの方向の任意の 1 つの方向へ切り替える装置である。図 1-6 はさきの基本油圧系統に、さらに切替弁を追加したものである。この場合、切替弁は液

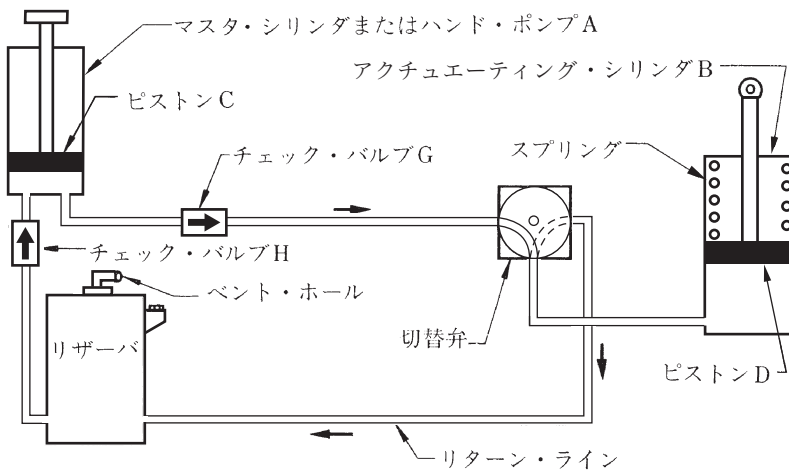


図 1-6 切替弁を追加した基本油圧系統



体のアクチュエーティング・シリンダへの流入および排出の双方の制御に使われる。切替弁が図 1-6 の実線で示す位置にあると、液体はシリンダ B の底部に流入し、ピストン・ロッドを伸ばす。切替弁を図中の点線の位置に切り替えると、液体はシリンダ B 中のスプリングの働きでリターン・ラインを通してリザーバへ戻る。この弁は二方切替弁（Two Way Valve または Two-port Selector Valve）と呼ばれる。

### 1-3-5 四方切替弁（Four Way Valve または Four-port Selector Valve）

図 1-7 は、基本油圧系統に四方切替弁を追加したものである。油圧アクチュエーティング・シリンダによって作動する装置は、両方向に油圧力を必要とするものが多い。このような場合には、アクチュエーティング・シリンダ中のスプリングを液体にかえ、油圧力によって液体がスプリングの役目をするようにする。

最近の航空機の油圧系統には四方切替弁はほとんど使われないが、理解しやすくするため、ここでは四方切替弁を使って説明する。

切替弁を作動させる（実線の位置あるいは点線の位置）ことにより、マスタ・シリンダからの液体は、アクチュエーティング・シリンダ B のピストン D の上側にかかるか、あるいは下側にかかるかを変えられる。すなわちピストン D は、切替弁を作動させることにより両方向に仕事をすることができる。このようにして、ピストン D の両側で油圧力が使われ、スプリングの必要がなくなるとともに、ピストンの両側に油圧力が導かれることにより、油圧シリンダの活用の幅が広がった。

切替弁はすべて中立位置または「OFF」の位置をもっている。もし、図 1-7 の弁を両作動位置の間まで 45° だけ回せば、切替弁の内部通路は出入口と一致なくなり液体の流れはなくなる。ここで特に注意しなくてはならないことは、ピストン・ロッドがあるためにピストン D の上面の面積が下面の面積よりも小さいという点である。従って、ピストンの両側に圧力が作用した場合には、ピスト

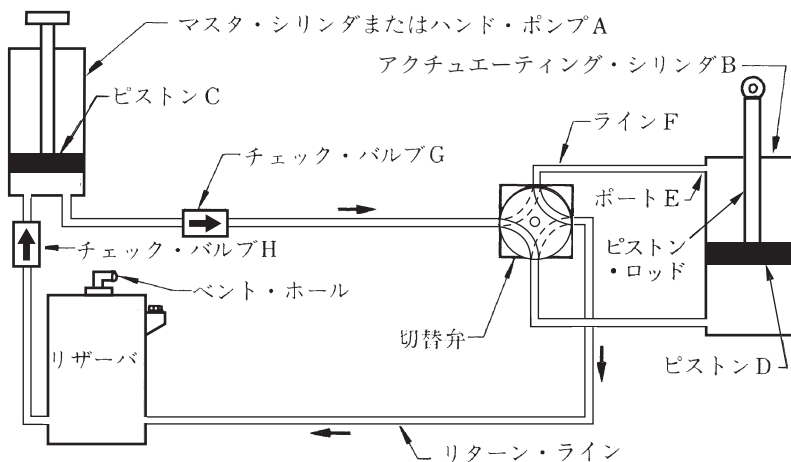


図 1-7 四方切替弁を追加した基本油圧系統

ン・ロッドの付いている側の力のほうが小さく、また、出入りする液体の量もロッドの付いている側のほうが反対側へ出入りする量より少ない。

### 1-3-6 ポンプおよびリリーフ・バルブ (Pump and Relief Valve)

図 1-8 は図 1-7 の油圧系統に動力ポンプ、系統リリーフ・バルブおよびチェック・バルブ J を追加した油圧系統である。手動ポンプ (マスタ・シリンダ) だけの場合は、手動ポンプの 1 サイクル中に供給できる液体の量は極めて少ない。従って、もし操縦者自身が手動でポンプを操作しなければならない場合は、着陸装置やその他の大きなアクチュエーティング・シリンダを備える機構を働かすためにかなりの時間と相当の労力を要する。動力ポンプを備えるのは、この問題を解消するためである。

図 1-8 では操縦者が切替弁を希望の位置にセットし、ポンプを起動さえすれば、この機構を作動させることができる。しかし、この機構がその行程の終点に達した瞬間に正確にポンプを停止させないと急速に高圧を生じ、系統の一部が破裂したりポンプが損傷することになる。この圧力急上昇を防ぐ一方法として用いられるのがリリーフ・バルブ (Relief Valve; 逃し弁) であって、圧力が一定値に達したときに開いて圧力を逃す弁である。図 1-8 のリリーフ・バルブはこの油圧系統の全体から圧力を逃すので、系統リリーフ・バルブ (System Relief Valve; 系統逃し弁) または系統安全弁と呼ばれる。ここで重要なのは、系統リリーフ・バルブは圧力ラインとリターン・ラインの間に設けられているという点である。また図 1-8 の油圧系統はチェック・バルブ J がないと実用にならない。手動ポンプは動力ポンプが故障した場合の非常用として残されているものであり、チェック・バルブ J がなければ手動ポンプを操作したときにポンプが逆回転して液体はリザーバに戻ってしまう。

手動ポンプは非常用としてのほかに、油圧系統の地上試験を行うときにも有益である。動力ポンプは電動式か、または航空機エンジンの補機駆動歯車によって駆動される。大型機では油圧動力源として 1 個以上のエンジン駆動ポンプを備え、そのほかに補助油圧系統用として電動ポンプを備えてい

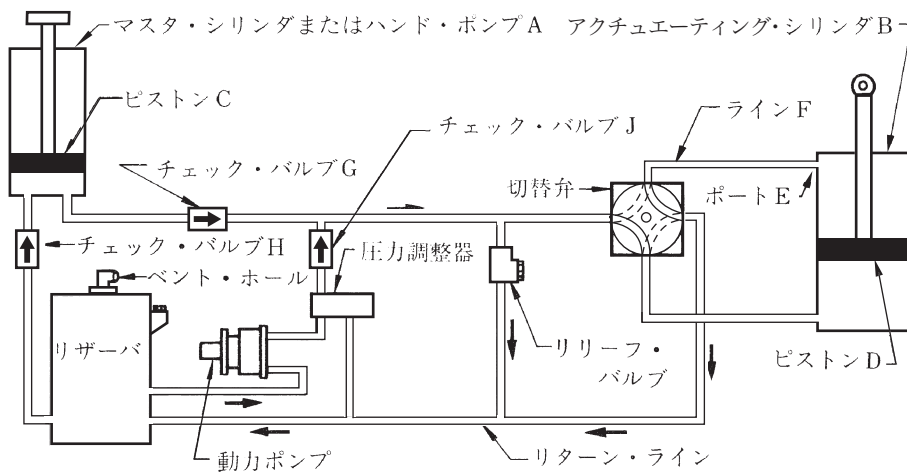


図 1-8 動力ポンプおよびリリーフ・バルブを追加した基本油圧系統

るものが多い。

### 1-3-7 圧力調整器 (Pressure Regulator)

図 1-8 に示す圧力調整器は完全な自動作動式のものである。この装置の第 1 の目的はポンプの過負荷を逃すことにある。系統の圧力が設定された最大値に達すると圧力調整器が開き、動力ポンプから吐出された液体をリザーバへ返す。系統の圧力が設定された最低値まで降下した場合は圧力調整器が閉じ、動力ポンプから吐出された液体は系統へ送られる。

### 1-3-8 アンローディング・バルブ (Unloading Valve)

アンローディング・バルブ (図 1-9) はポンプ吐出量を自動的に制御するバルブであり、アキュムレータ (Accumulator ; 蓄圧器) が系統圧力を保持する。これによりポンプや系統への負荷を軽減する。

エンジン駆動ポンプはリザーバからの作動液を系統圧力マニホールドに相当するアンローディング・バルブを通して送り込む。この作動液はアキュムレータを蓄圧し、系統圧力を保つ。圧力があらかじめ設定された値に達するとアンローディング・バルブは系統圧力の上昇を止め、ポンプ出力を直接フィルタを通してリザーバへ戻す。着陸装置やフラップを作動させると系統圧力が低下し、アンローディング・バルブがポンプ出力を系統に再び送り込む。これを繰り返すと圧力の上下が発生するので、アキュムレータによりこれを吸収している。手動ポンプと系統リリーフ・バルブは 1-3-6 項と同じ働きをする。

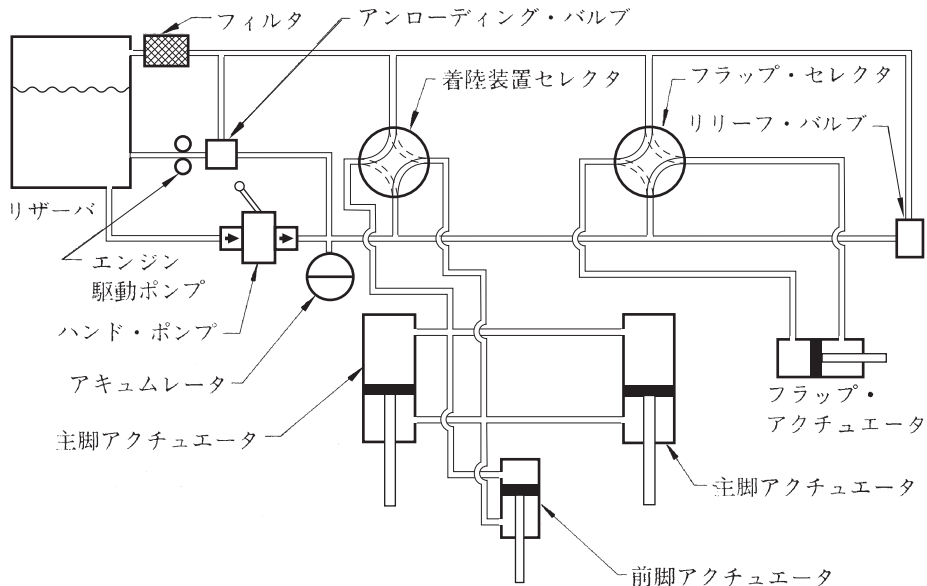


図 1-9 アンローディング・バルブを用いた基本油圧系統