

# 目 次

## 第1章 空気圧技術の特質と基礎事項

1.1 空気圧応用の歴史	2	1.3.12 流れの臨界圧力	12
1.2 空気圧技術における解析、設計、計測制御技術の進展	2	1.3.13 オリフィスを通る流れ	14
1.3 基礎理論	3	1.3.14 空気圧容器への充填と放出	16
1.3.1 大気の組成と圧力	3	1.3.15 管路の圧力損失	23
1.3.2 空気圧における圧力表示	3	1.4 基礎事項	26
1.3.3 空気の質量	4	1.4.1 標準参考空気	26
1.3.4 空気の粘性	4	1.4.2 工業的な空気量と空気流量の表示	27
1.3.5 湿り空気	5	1.4.3 音速コンダクタンスと臨界背圧比による流量特性表示	28
1.3.6 空気の状態式と状態表示	5	1.4.4 各種流量特性試験方法の特性値の換算	44
1.3.7 空気の比熱	6	1.4.5 空気の質	46
1.3.8 空気の状態変化	7	1.4.6 シール	47
1.3.9 連続(質量保存)の法則	10	1.4.7 圧縮機潤滑油	58
1.3.10 非圧縮性流体のエネルギー式(無摩擦流れ)	10	1.4.8 潤滑油	62
1.3.11 圧縮性流体のエネルギー式(無摩擦流れ)	11	1.4.9 騒音	70

## 第2章 空気圧用語及び図記号

2.1 空気圧及び油圧用語	80	2.5 エアドライヤ用語	156
2.1.1 基本用語	80	2.6 空気圧—吸着搬送用真空システム及び機器用語	168
2.1.2 ポンプ、モータ及び空気圧縮機に関する用語	98	2.6.1 一般	168
2.1.3 シリンダに関する用語	101	2.6.2 真空発生器	170
2.1.4 弁、バルブに関する用語	108	2.6.3 吸着機器	173
2.1.5 制御及び回路に関する用語	121	2.6.4 その他	175
2.1.6 アクセサリーに関する用語	123	2.7 空気圧用図記号	176
2.2 空気圧—スイッチ(センサ)用語	138	2.7.1 基本図記号	176
2.2.1 基本	138	2.7.2 図記号の組合せ見本	185
2.2.2 構造	141	2.7.3 空気圧機器図記号の用例(抜粋)	186
2.2.3 性能・特性	142	2.7.4 計装用記号	202
2.3 産業用ショックアブソーバ用語	147	2.7.5 油圧ショックアブソーバ図記号	202
2.4 空気圧用コンタミネーション用語	153		

## 第3章 機器と要素

3.1 空気圧源	206	3.4.19 シリアル伝送機器	259
3.1.1 空気圧縮機とその周辺機器	206	3.5 流量制御弁	263
3.1.2 レシーバ及びサージタンク	210	3.5.1 絞り弁	263
3.2 調質機器	211	3.5.2 速度制御弁	263
3.2.1 エアドライヤ	211	3.5.3 排気絞り弁	266
3.2.2 フィルタ	214	3.5.4 急速排気弁	266
3.2.3 ルブリケータ	219	3.6 比例制御弁	267
3.3 圧力制御弁	222	3.6.1 比例制御弁の制御機構	267
3.3.1 減圧弁	222	3.6.2 比例制御弁の特性	271
3.3.2 ユニット及び関連機器	226	3.6.3 比例制御弁の用途例	273
3.3.3 安全弁	228	3.7 空気圧サーボ弁(ポジショナ付シリ ンダ)	275
3.3.4 リリーフ弁	229	3.7.1 構造及び動作説明	275
3.3.5 増圧弁	229	3.7.2 仕様及び特性	276
3.4 方向制御弁	231	3.8 アクチュエータ	276
3.4.1 操作方式による分類	231	3.8.1 空気圧シリンダ	276
3.4.2 弁構造による分類	233	3.8.2 揺動形アクチュエータ	292
3.4.3 シール方式による分類	234	3.8.3 エアモータ	297
3.4.4 ポート数による分類	235	3.8.4 シリンダ用スイッチ	300
3.4.5 配管ポートの位置による分類	235	3.9 その他の要素機器	309
3.4.6 電磁弁への電気結線方法	236	3.9.1 油空圧複合機器	309
3.4.7 ソレノイド	238	3.9.2 緩衝器(ショックアブソーバ)	314
3.4.8 2ポート電磁弁	242	3.9.3 消音器、排気用オイルミストフィルタ	318
3.4.9 3ポート電磁弁	243	3.9.4 全空気圧制御機器	322
3.4.10 4・5ポート電磁弁	244	3.9.5 圧力表示器(圧力計)	325
3.4.11 マニホールド	246	3.9.6 圧力スイッチ(センサ)	325
3.4.12 選定上の基準と注意事項	249	3.9.7 真空システム機器	328
3.4.13 ISOインターフェイス対応電磁弁	250	3.9.8 グリップ(ハンド)	333
3.4.14 電磁弁の特性	250	3.9.9 配管	339
3.4.15 手動弁、バダル(足踏弁)	254	3.9.10 管継手	343
3.4.16 機械操作弁	255	3.9.11 特殊環境用機器	351
3.4.17 空気圧操作弁	256		
3.4.18 その他の方向制御弁	256		

## 第4章 空気圧回路

4.1 基本回路	364	4.1.6 論理回路	374
4.1.1 供給・排気回路	364	4.2 電気空気圧制御回路	377
4.1.2 駆動回路	365	4.2.1 空気圧シリンダ駆動の電気制御回 路	377
4.1.3 速度制御回路	368	4.3 応用回路	381
4.1.4 力・トルクの制御	370	4.3.1 増圧回路	381
4.1.5 位置・角度制御(中間停止制御)	373	4.3.2 衝撃回路	381

4.3.3	同期回路	383	4.3.7	省エネルギー回路	387
4.3.4	テンション回路	383	4.3.8	発振回路	388
4.3.5	バランス回路	385	4.3.9	飛出し防止回路	389
4.3.6	クッション回路	386	4.3.10	真空制御回路	390

## 第5章 空気圧システム設計

5.1	仕様の把握	394	5.5.3	往復動アクチュエータの作動	405
5.2	アクチュエータの選定	399	5.5.4	空気圧モータサイズ	405
5.3	回路圧力の決定	402	5.5.5	配管サイズの決定手順	406
5.4	サイクルタイムの決定	403	5.6	制御方式の決定	406
5.5	機器及び配管サイズの決定	404	5.7	空気圧回路の設計	407
5.5.1	アクチュエータサイズ	404	5.8	圧縮空気清浄度レベルの決定	408
5.5.2	定常速度	405	5.9	空気圧源の設計	411

## 第6章 計算式と例題

6.1	空気量	414	6.7.2	メータアウト制御シリンダの作動時間	438
6.1.1	空気量と実際の体積	414	6.7.3	メータアウト制御シリンダ作動時間の配管補正	439
6.1.2	空気質と密度	415	6.7.4	単動シリンダの速度と作動時間	439
6.2	空気の状態変化	416	6.8	空気圧シリンダのエアクッション	441
6.2.1	ボイル・シャルルの法則	416	6.8.1	吸収エネルギー	441
6.2.2	代表的な状態変化	416	6.8.2	エアクッション可能な負荷の速度とクッション時間	442
6.3	空気の流速	418	6.9	アクチュエータの空気消費量	443
6.3.1	配管の流速	418	6.9.1	空気圧シリンダ	443
6.3.2	エアブローノズル出口流速	419	6.9.2	揺動形アクチュエータ	444
6.4	空気の流量	420	6.9.3	エアモータ	444
6.4.1	流量係数の換算	420	6.10	サージタンク	444
6.4.2	機器の流量	421	6.10.1	充填時間	444
6.4.3	配管の流量	422	6.10.2	放出時間	446
6.4.4	空気圧配管の管摩擦係数	423	6.10.3	タンク容積	446
6.4.5	音速コンダクタンス・臨界背圧比の合成	424	6.10.4	容積(往復)式圧縮機の圧力脈動吸収タンク	447
6.5	空気圧の仕事	427	6.11	ピストンロッド	447
6.5.1	仕事	427	6.11.1	ピストンロッド許容横荷重	447
6.5.2	1サイクルの動力	428	6.11.2	横荷重によるピストンロッドのたわみ	449
6.5.3	空気ばねの緩衝エネルギー	430	6.11.3	ピストンロッドの座屈荷重	449
6.5.4	空気ばねのばね定数	432	6.12	負荷の運動によるシリンダ負荷変化	451
6.5.5	エクセルギー	433	6.12.1	傾斜して動く負荷	451
6.6	空気圧アクチュエータの出力と負荷	433	6.12.2	揺動負荷	451
6.6.1	理論出力	433			
6.6.2	静圧出力	434			
6.6.3	動出力(動特性)	435			
6.7	空気圧シリンダの速度	437			
6.7.1	メータアウト制御シリンダの定常(平衡)速度	437			

6.13 ドレン発生量 .....	452	6.13.2 エアブロー中のドレン .....	454
6.13.1 回路中のドレン .....	452		

## 第7章 保安全管理とトラブル対策

7.1 保安全管理 .....	458	7.2.6 速度制御弁 .....	481
7.1.1 保安全管理 .....	458	7.2.7 電磁弁 .....	482
7.1.2 予防保全 .....	462	7.2.8 空気圧シリンダ .....	484
7.1.3 ドレンの発生原因と対策 .....	464	7.2.9 揺動形アクチュエータ .....	487
7.1.4 流量不足対策 .....	466	7.2.10 エアモータ .....	488
7.1.5 凍結対策 .....	468	7.2.11 油空圧複合機器 .....	488
7.1.6 潤滑管理 .....	469	7.2.12 磁気近接スイッチ .....	489
7.1.7 配管施工 .....	472	7.2.13 真空機器 .....	490
7.2 トラブル対策 .....	475	7.2.14 圧力スイッチ .....	492
7.2.1 空気圧縮機 .....	475	7.2.15 緩衝器 (ショックアブソーバ) .....	492
7.2.2 冷凍式エアドライヤ .....	477	7.2.16 グリップ (ハンド) .....	494
7.2.3 空気圧フィルタ .....	478	7.2.17 消音器 .....	494
7.2.4 ルブリケータ .....	479	7.2.18 プッシュイン継手 .....	495
7.2.5 圧力制御弁 .....	480		

## 第8章 空気圧に関する法規類及び工業規格

8.1 法規 .....	498	8.2.8 電気機械器具の外郭による保護等級 (IPコード) .....	519
8.1.1 高圧ガス保安法 .....	498	8.2.9 電気防爆に関する法規及び規格 .....	522
8.1.2 労働安全衛生法施行令 .....	498	8.3 (一社) 日本フルードパワー工業会規格 (空気圧) .....	523
8.1.3 環境基本法 .....	500	8.3.1 一覧 .....	523
8.1.4 フロン排出抑制法 .....	502	8.3.2 空気圧機器の空気漏れ試験基準 .....	523
8.2 JIS規格 .....	503	8.3.3 空気圧機器及びシステムの清浄度管理指針 .....	527
8.2.1 空気圧関係JIS一覧 .....	503	8.3.4 空気圧シリンダの選定及び使用の指針抜粋 .....	530
8.2.2 空気圧システム及びその機器の一般規則及び安全要求事項 .....	512	8.3.5 空気圧用シールの一般取扱い基準 .....	538
8.2.3 空気圧機器の信頼性試験規格 .....	512		
8.2.4 管用テーパねじ .....	512		
8.2.5 管用平行ねじ .....	516		
8.2.6 タービン油 .....	518		
8.2.7 電気絶縁熱的耐久性評価及び呼び方 .....	519		

## 第9章 空気圧システムの安全確保

9.1 空気圧システムの安全 .....	546	9.2 用語 .....	548
9.1.1 ISOにおける安全の定義 .....	546	9.3 PL法での警告表示の意味 .....	549
9.1.2 空気圧機器及びシステムの安全に関する規格 .....	546	9.4 製品への表示 .....	550
9.1.3 製造物責任法と安全 .....	546	9.5 空気圧機器及びシステムの安全ガイドブック .....	550
9.1.4 災害と責任の所在 .....	547	9.6 安全規格制定の経緯/国際標準化の	

背景	552	9.9.2	空気圧及び液圧装置の危険源の防止	558
9.6.1	安全の規格制定の動向	9.9.3	エネルギー源からの確実な遮断と残圧対策	558
9.7	国際安全規格	9.10	CEマーキング及びRoHS指令	562
9.7.1	ISO 12100 機械類の安全性	9.11	ブローノズル・機器の騒音・安全基準について	563
9.7.2	空気圧システム及びその機器の一般規則及び安全要求事項	9.11.1	新：EU機械指令について	564
	ISO 4414の位置付け	9.11.2	従来からあるブローノズルの騒音・安全基準について	564
9.8	JISとISO/IECとの関係			
9.9	安全確保の事例			
9.9.1	危険の種類			

## 第10章 単位と定数

10.1	SI単位	568	10.12	圧力	580
10.2	SIとCGS系及び重力系単位の対照表	575	10.13	仕事率（工率、動力）	580
10.3	長さ	576	10.14	仕事・エネルギー及び熱量	581
10.4	面積	576	10.15	粘度	581
10.5	体積	576	10.16	動粘度	581
10.6	速度及び角速度	577	10.17	熱伝達係数	582
10.7	流量	577	10.18	熱伝導率	582
10.8	密度	578	10.19	空気に関する物理定数	583
10.9	力	578	10.19.1	気体としての特性値	583
10.10	質量	579	10.19.2	臨界点（気・液共存限界温度）における特性値	583
10.11	トルク	579			

## 第11章 （一社）日本フルードパワー工業会関連事項

11.1	（一社）日本フルードパワー工業会の 変遷、事業、組織及び常設委員会の 事業内容	586	11.3	（一社）日本フルードパワーシステム 学会の紹介	591
11.1.1	（一社）日本フルードパワー工業 会の変遷	586	11.3.1	フルードパワーシステム学会とは	591
11.1.2	（一社）日本フルードパワー工業 会の事業	586	11.3.2	事業内容	591
11.1.3	（一社）日本フルードパワー工業 会の組織	587	11.3.3	所在地	592
11.1.4	常設委員会の事業内容	587	11.4	主要各国のフルードパワー工業会	592
11.1.5	（一社）日本フルードパワー工業 会主要刊行物	589	11.5	海外関連規格・制定機関	594
11.2	ISO/TC131及びTC118の経緯	589	11.6	PL(製造物責任)対策	595
			11.7	空気圧機器出荷高推移	600
			11.8	（一社）日本フルードパワー工業会会員 生産・販売品目一覧（空気圧）	602