

目 次

| | |
|---------------------------------|----|
| 第1章 まえがき | 1 |
| 1.1 冷凍サイクル | 1 |
| 1.1.1 冷凍とは | 1 |
| 1.1.2 サイクルとは | 1 |
| 1.1.3 蒸気圧縮式冷凍サイクル | 1 |
| 1.2 圧縮機の役割 | 2 |
| 1.3 圧縮機の歴史（黎明期） | 2 |
| 1.4 圧縮機の分類 | 3 |
| 第2章 基礎理論 | 6 |
| 2.1 圧縮理論 | 6 |
| 2.1.1 逆カルノーサイクル | 6 |
| 2.1.2 P - h 線図 | 6 |
| 2.1.3 断熱圧縮 | 9 |
| 2.1.4 エネルギー式 | 11 |
| 2.1.5 漏れ | 12 |
| 2.2 機械力学的解析 | 16 |
| 2.2.1 機構の運動 | 16 |
| 2.2.2 エネルギー式と機械効率 | 17 |
| 2.2.3 圧縮機本体の加振力と振動 | 17 |
| 2.3 潤滑理論 | 18 |
| 2.3.1 Reynolds の基礎方程式 | 18 |
| 2.3.2 平均流れモデルによる修正 Reynolds 方程式 | 19 |
| 2.3.3 接触理論 | 19 |
| 2.3.4 ジャーナル軸受 | 20 |
| 2.3.5 スラスト軸受 | 23 |
| 2.3.6 転がり軸受 | 25 |
| 2.4 圧縮機の効率 | 26 |
| 2.5 冷媒 | 28 |
| 2.5.1 冷媒の歴史 | 28 |
| 2.5.2 冷媒に必要な特性 | 29 |
| 2.5.3 冷媒の種類 | 29 |
| 2.5.4 冷媒の呼び方 | 29 |
| 2.5.5 主要な冷媒の比較 | 30 |
| 2.5.6 各種冷媒の用途 | 31 |
| 2.5.7 冷媒の安全性 | 31 |
| 2.5.8 安全対策 | 32 |
| 第3章 レシプロ圧縮機 | 34 |
| 3.1 レシプロ圧縮機の歴史 | 34 |
| 3.2 動作原理と特徴 | 34 |
| 3.2.1 圧縮動作 | 34 |

| | | |
|-------|--------------|----|
| 3.2.2 | 理論行程容積 | 36 |
| 3.3 | 圧縮機の構造 | 36 |
| 3.3.1 | 運動変換機構 | 36 |
| 3.3.2 | 懸架機構 | 37 |
| 3.3.3 | 給油機構 | 38 |
| 3.3.4 | 弁機構 | 39 |
| 3.3.5 | ピストンリング | 40 |
| 3.3.6 | 吐出マフラー | 40 |
| 3.3.7 | 軸封機構 | 41 |
| 3.3.8 | 容量制御機構 | 43 |
| 3.4 | 機械力学的解析 | 43 |
| 3.4.1 | 機械力学的解析 | 43 |
| 3.4.2 | エネルギー式と機械効率 | 45 |
| 3.4.3 | 圧縮機本体の加振力と振動 | 46 |
| 3.5 | 用途と性能 | 48 |
| 3.6 | その他の機構 | 49 |
| 3.6.1 | ボールジョイント式 | 49 |
| 3.6.2 | 2シリンダ式 | 49 |
| 3.6.3 | 2段圧縮 | 49 |
| 3.6.4 | リニアモータ駆動 | 50 |
| 第4章 | ロータリ圧縮機 | 51 |
| 4.1 | ロータリ圧縮機の歴史 | 51 |
| 4.2 | 動作原理と特徴 | 52 |
| 4.2.1 | 圧縮動作 | 52 |
| 4.2.2 | 理論容積 | 53 |
| 4.3 | 圧縮機各部の構造と設計 | 53 |
| 4.3.1 | 基本構造 | 53 |
| 4.3.2 | クランク軸 | 54 |
| 4.3.3 | 軸受 | 54 |
| 4.3.4 | ローリングピストン | 55 |
| 4.3.5 | ベーン | 55 |
| 4.3.6 | シリンダ | 56 |
| 4.3.7 | 吐出弁 | 56 |
| 4.4 | 機械力学的解析 | 57 |
| 4.4.1 | 機構とその動き | 57 |
| 4.4.2 | 機構の拘束力と運動方程式 | 57 |
| 4.4.3 | エネルギー式と機械効率 | 60 |
| 4.4.4 | 圧縮機本体の加振力と振動 | 60 |
| 4.5 | 用途と性能 | 61 |
| 4.5.1 | 高温用ロータリ圧縮機 | 61 |
| 4.5.2 | 低温用ロータリ圧縮機 | 64 |
| 4.5.3 | 中温用ロータリ圧縮機 | 65 |
| 4.6 | その他の機構 | 66 |
| 4.6.1 | 2シリンダ型 | 66 |

| | | |
|-----------------|-------------------|-----|
| 4.6.2 | スイング圧縮機 | 67 |
| 4.6.3 | 液インジェクション | 68 |
| 4.6.4 | 容量制御 | 69 |
| 4.6.5 | 2段圧縮機 | 71 |
| 4.6.6 | 中間圧シェルを持つ2段圧縮機 | 72 |
| 4.7 | 給油と油分離 | 72 |
| 4.7.1 | 縦型ロータリの給油機構 | 72 |
| 4.7.2 | 横置きロータリの給油機構 | 73 |
| 4.7.3 | ロータリ圧縮機の油分離 | 74 |
| 4.8 | ロータリ圧縮機の騒音と振動 | 75 |
| 4.8.1 | 加振力と振動低減方法 | 75 |
| 4.8.2 | トルク制御による振動低減 | 76 |
| 4.8.3 | ロータリ圧縮機の騒音 | 77 |
| 4.9 | ロータリ圧縮機の生産技術 | 79 |
| 4.9.1 | 高精度加工技術 | 79 |
| 4.9.2 | 高精度組立て技術 | 79 |
| 第5章 スクロール圧縮機 | | 83 |
| 5.1 | スクロール圧縮機の歴史 | 83 |
| 5.2 | 動作原理と特徴 | 83 |
| 5.2.1 | 動作原理 | 83 |
| 5.2.2 | スクロールラップの形状 | 84 |
| 5.2.3 | その他のスクロール形状 | 86 |
| 5.3 | 圧縮機各部の構造と設計 | 87 |
| 5.3.1 | 圧縮機構 | 87 |
| 5.3.2 | 駆動機構に作用する荷重とモーメント | 88 |
| 5.3.3 | 気密機構 | 89 |
| 5.3.4 | 圧縮機の構造 | 90 |
| 5.4 | 機械力学的解析 | 91 |
| 5.4.1 | 作用する力と運動方程式 | 91 |
| 5.4.2 | エネルギー式と機械効率 | 93 |
| 5.5 | その他の機構 | 94 |
| 5.5.1 | 容量制御 | 94 |
| 5.5.2 | インジェクション | 94 |
| 5.6 | 用途と特性 | 94 |
| 5.7 | スクロール圧縮機の実産技術 | 96 |
| 5.7.1 | スクロール加工法 | 96 |
| 5.7.2 | 形状精度管理 | 96 |
| 5.8 | 選定・使用上の注意 | 96 |
| 第6章 ツインスクリーユ圧縮機 | | 99 |
| 6.1 | ツインスクリーユ圧縮機の歴史 | 99 |
| 6.2 | 作動原理と基本構造 | 100 |
| 6.2.1 | 作動原理 | 100 |
| 6.2.2 | 基本構造 | 101 |

| | | |
|--------|-------------------|-----|
| 6.2.3 | 無給油式と油噴射式 | 102 |
| 6.2.4 | 半密閉型と開放型 | 103 |
| 6.3 | ロータ歯形 | 104 |
| 6.3.1 | ロータ歯形の基礎と変遷 | 104 |
| 6.3.2 | 歯形修整 | 105 |
| 6.3.3 | ロータ歯数 | 106 |
| 6.3.4 | つる巻き角 | 106 |
| 6.3.5 | L/D_m と心間距離 | 107 |
| 6.3.6 | シール線と内部漏れ通路 | 107 |
| 6.3.7 | 行程容積 | 109 |
| 6.4 | 圧縮機各部の構造と設計 | 109 |
| 6.4.1 | スクリーロータ | 109 |
| 6.4.2 | ロータケーシング | 109 |
| 6.4.3 | インレットハウジング | 110 |
| 6.4.4 | アウトレットハウジング | 110 |
| 6.4.5 | 吸入ポート | 110 |
| 6.4.6 | 吐出ポート | 110 |
| 6.4.7 | その他のポート | 111 |
| 6.4.8 | 軸受 | 111 |
| 6.4.9 | 軸封装置 | 113 |
| 6.4.10 | 給油機構 | 115 |
| 6.4.11 | 容量制御機構 | 117 |
| 6.4.12 | バランスピストン | 120 |
| 6.5 | 機械力学的解析 | 120 |
| 6.5.1 | 機構の運動と拘束力および運動方程式 | 120 |
| 6.5.2 | エネルギー式と機械効率 | 122 |
| 6.5.3 | 圧縮機本体の加振力と振動 | 122 |
| 6.5.4 | 曲げとねじりの危険速度 | 123 |
| 6.6 | 特性と用途 | 124 |
| 6.6.1 | 性能特性 | 124 |
| 6.6.2 | 容量 - 圧力レンジ | 128 |
| 6.6.3 | 単段圧縮と多段圧縮 | 128 |
| 6.6.4 | 主な用途 | 129 |
| 6.7 | 振動と騒音 | 130 |
| 6.7.1 | 振動特性 | 130 |
| 6.7.2 | 騒音特性 | 133 |
| 6.8 | 生産技術 | 134 |
| 6.8.1 | スクリーロータの加工方法 | 134 |
| 6.8.2 | スクリーロータの加工精度管理 | 137 |
| 第7章 | シングルスクリー圧縮機 | 140 |
| 7.1 | シングルスクリー圧縮機の歴史 | 140 |
| 7.2 | 基本機構と作動原理 | 140 |
| 7.2.1 | 圧縮機構 | 140 |
| 7.2.2 | 作動原理 | 140 |

| | | |
|-------|-----------------------|-----|
| 7.2.3 | シングルスクリーユ圧縮機の基本構造 | 141 |
| 7.2.4 | 半密閉型と開放型 | 143 |
| 7.3 | 圧縮機各部の構造と設計 | 143 |
| 7.3.1 | シャフト | 143 |
| 7.3.2 | スクリーユロータ | 143 |
| 7.3.3 | ゲートロータ | 144 |
| 7.3.4 | 吐出ポート | 144 |
| 7.3.5 | 軸受 | 144 |
| 7.3.6 | 軸封装置 | 144 |
| 7.3.7 | ケーシング | 144 |
| 7.3.8 | 容量制御機構 | 145 |
| 7.3.9 | 油分離器 | 146 |
| 7.4 | ロータ歯形 | 146 |
| 7.4.1 | ロータ歯形 | 146 |
| 7.4.2 | ロータ歯数 | 147 |
| 7.4.3 | シングルスクリーユ圧縮機の理論容積 | 147 |
| 7.4.4 | 新型スクリーユ歯形 | 148 |
| 7.5 | 性能および騒音 | 149 |
| 7.5.1 | 効率特性 | 149 |
| 7.5.2 | 騒音特性 | 150 |
| 7.6 | その他の機構 | 150 |
| 7.6.1 | 油噴射冷却方式 | 150 |
| 7.6.2 | 液冷媒噴射冷却方式 | 150 |
| 7.6.3 | エコノマイザサイクル | 150 |
| 第8章 | カーエアコン用圧縮機 | 152 |
| 8.1 | カーエアコンの歴史 | 152 |
| 8.2 | カーエアコンシステム | 153 |
| 8.2.1 | カーエアコンシステムの特徴 | 153 |
| 8.2.2 | カーエアコン用圧縮機の種類 | 155 |
| 8.2.3 | 動力伝達機構 | 155 |
| 8.3 | アキシヤル式圧縮機 | 156 |
| 8.3.1 | 揺動板式圧縮機 | 156 |
| 8.3.2 | 斜板式圧縮機 | 160 |
| 8.3.3 | 可変容量圧縮機 | 163 |
| 8.3.4 | アキシヤル式圧縮機の振動と騒音 | 171 |
| 8.4 | スクロール圧縮機 | 173 |
| 8.4.1 | スクロール圧縮機の歴史 | 173 |
| 8.4.2 | カーエアコン用スクロール圧縮機の構造と特徴 | 173 |
| 8.4.3 | スラスト軸受構造 | 175 |
| 8.4.4 | 容量制御機構 | 176 |
| 8.4.5 | トルク変動とベルト寿命 | 177 |
| 8.5 | ロータリベーン圧縮機 | 177 |
| 8.5.1 | 動作原理 | 177 |
| 8.5.2 | 理論容積 | 178 |

| | | |
|--------|-------------------------|-----|
| 8.5.3 | 基本構造 | 179 |
| 8.5.4 | 機械力学的解析 | 181 |
| 第9章 | 冷凍機油 | 187 |
| 9.1 | 冷凍機油の種類 | 187 |
| 9.1.1 | 鉱油系冷凍機油 | 187 |
| 9.1.2 | A B系冷凍機油 | 188 |
| 9.1.3 | P A G系冷凍機油 | 188 |
| 9.1.4 | P V E系冷凍機油 | 189 |
| 9.1.5 | P O E系冷凍機油 | 189 |
| 9.2 | 冷媒との相互作用 | 190 |
| 9.2.1 | 相溶性 | 190 |
| 9.2.2 | 溶解性 | 191 |
| 9.2.3 | 電気絶縁性 | 192 |
| 9.2.4 | 潤滑性 | 194 |
| 9.2.5 | 安定性 | 197 |
| 9.2.6 | 有機材料適合性 | 198 |
| 9.3 | 冷凍機油の選定方法と使用上の注意事項 | 199 |
| 9.3.1 | 冷凍機油の選定方法 | 199 |
| 9.3.2 | 冷凍機油の使用上の注意事項 | 199 |
| 第10章 | モータ・インバータ | 203 |
| 10.1 | モータ構造と性能 | 203 |
| 10.1.1 | 駆動電源波形によるモータの分類 | 203 |
| 10.1.2 | モータの構成と各部品 | 206 |
| 10.1.3 | モータの製作方法 | 208 |
| 10.1.4 | 新しいステータ製作方法 | 210 |
| 10.2 | モータの設計 | 211 |
| 10.2.1 | 誘導モータの原理 | 211 |
| 10.2.2 | 永久磁石同期モータの原理 | 212 |
| 10.2.3 | モータの設計仕様（要求仕様，出力 - トルク） | 213 |
| 10.3 | モータ材料と評価方法 | 215 |
| 10.3.1 | マグネットワイヤ | 215 |
| 10.3.2 | ワニス | 217 |
| 10.3.3 | 絶縁紙 | 218 |
| 10.3.4 | けい素銅板 | 219 |
| 10.3.5 | 永久磁石 | 221 |
| 10.4 | インバータの構成と制御 | 223 |
| 10.4.1 | インバータの分類と特徴 | 223 |
| 10.4.2 | インバータの構成と部品 | 224 |
| 10.4.3 | 電圧形インバータの原理 | 228 |
| 10.4.4 | モータ制御の原理 | 230 |
| 10.5 | 電気特性計測（インバータ駆動前提） | 233 |
| 10.5.1 | 損失の分類と計測方法 | 233 |
| 10.5.2 | 騒音の分類と計測方法 | 234 |

| | | |
|--------|------------------|-----|
| 10.6 | 規格・規制 | 235 |
| 10.6.1 | 主要国の電源電圧と規格・規制一覧 | 235 |
| 第11章 | 試験 | 238 |
| 11.1 | 性能試験 | 238 |
| 11.1.1 | 主な測定項目 | 238 |
| 11.1.2 | 試験方法 | 238 |
| 11.2 | 騒音試験 | 240 |
| 11.2.1 | 測定条件・装置 | 240 |
| 11.2.2 | 測定方法 | 242 |
| 11.3 | 振動試験 | 242 |
| 11.3.1 | 測定条件・装置 | 242 |
| 11.3.2 | 測定方法 | 243 |
| 11.4 | 信頼性試験 | 244 |
| 11.4.1 | 信頼性試験の種類 | 244 |
| 11.4.2 | 信頼性試験の実施 | 244 |
| 11.4.3 | 信頼性データの解析 | 244 |
| 11.4.4 | 信頼性評価 | 245 |
| 11.5 | 圧力試験 | 245 |
| 11.5.1 | 耐圧試験 | 245 |
| 11.5.2 | 強度試験 | 245 |
| 11.5.3 | 気密試験 | 245 |
| 11.6 | その他の試験 | 245 |
| 第12章 | 計測技術 | 247 |
| 12.1 | 基礎的物理量計測 | 247 |
| 12.1.1 | 温度計測 | 247 |
| 12.1.2 | 熱電対および測温抵抗体 | 248 |
| 12.1.3 | 圧力 | 249 |
| 12.1.4 | 流量 | 251 |
| 12.2 | 応用計測 | 253 |
| 第13章 | あとがき | 258 |
| | 索引 | 260 |