

01 164

16

15

1

機関百科事典

機関百科事典編集委員会編

海 文 堂

機関百科事典

昭和47年5月1日 初版発行 ©1972

編 者 機関百科事典編集委員会

発行者 海文堂出版株式会社

代表者 岡田 一 雄

編集者 指方正教

印刷 文栄印刷所

製本 三浦製本所

発行所 海文堂出版株式会社



本 社 東京都千代田区神田神保町2の48

〒101 TEL (261) 0246・(262) 4652 (夜間・休日)

振替 東京 2873

神戸支店 神戸市生田区元町通3の146

〒650 TEL (331) 2664 (夜間・休日)

振替 神戸 815

自然科学書協会会員・工学書協会会員・日本書籍出版協会会員

序　　文

本書は、船用機関に関するあらゆる“ことがら”“知識”を網羅しようと考え、「機関百科事典」と銘うった次第である。したがって、見出し語にすべての“ことば”を集めようとする「辞書(辞典)」とは本質的に異なるものである。

船舶機関についてのすぐれた図書が次々に刊行されているが、これらの図書は各分野に専門的に分かれていて、船舶機関士に最も必要な基本的知識の内容を要約してまとめられた図書は少ない。

この意味で、編者等はいかねてから船舶機関士用の「百科事典」をと考えていたところ、海文堂より「総合的な海事の知識及び技術を研究理解するのに必要な高度の内容をもつ権威書であり、また海事思想の普及にも役立つ教養書であることを総括目的とする」海事百科事典シリーズの刊行物の一冊として、機関百科事典を刊行したいとの意向があり“機関百科事典編集委員会”が設けられた次第である。そして幾度もの編集会議を開き、船用機関に関する多くの項目の中から基本的事項を取捨選択、東京商船大学及びそれぞれの各専門分野の担当者にその項目の執筆をお願いした。

技術革新の波が海上に押し寄せる今日、船舶機関士の業務は大変複雑、多方面にわたり、かつ、取扱う機械や装置等の改良進歩は年を追って目覚ましく、それらの性能や信頼性は大いに向上したとはいえ、最後は機関士自身の技能に負う所が大きい。

本百科は、船舶機関士に必要な基本的知識を要約し、すなわち、“ねじの種類から原子力機関”にいたるまで、各必要項目ごとに詳細に解説され、近年にない船用機関の宝典ともいえるものである。商船大学・商船高等専門学校等関連学生は勿論、実務者にとってもまた大いに役立つものと信じている。

本百科事典は、船用機関全般を、内燃機関、燃料・潤滑、計測・制御・計算機、補機、冷凍・空調、材料、蒸気タービン、ガスタービン、ボイラ、船用電気、設計工作、振動、熱力学、原子力、船用機関一般の大項目に分類、それぞ

れ重要項目、語句を含めて中項目主義で選択収録した。収録項目1200項目、図表約1500を駆使して解りやすく説明し、さらに全項目に英名を附し索引をつけた。機関英語用語集としてもその利用価値があるものと信じている。

最後に、本機関百科事典を刊行するに際し、編集委員及び執筆者各位におかれては、多忙の中多大の努力を傾注していただいたことは誠に感謝にたえない次第であり、併せて本書の完成に尽力をいただいた海文堂出版(株)編集部に対しお礼を申し上げる。

1972年3月

編集委員長 土 居 政 吉

編集委員・執筆者一覧 〈五十音順〉

編集委員長 土居 政吉 (東京商船大学名誉教授)

編集委員 内海 博 (東京商船大学教授)

〃 小川 武 (東京商船大学教授)

〃 竹村 数男 (東京商船大学教授)

〃 長坂 政二 (東京商船大学教授)

〃 森下 隆 (東京商船大学助教授)

〃 森田 豊 (東京商船大学教授)

執筆者

(担当)

(氏名)

振動	赤堀 丹 (東京商船大学)
内燃機関	内海 博 〃
電気	大杉 喜三 〃
補助機	小川 武 〃
ガスタービン	久保利 介 〃
材料	佐藤 準一 〃
設計・工作	真田 茂 〃
原動力	竹村 数男 〃
蒸気タービン	土居 政吉 〃
冷凍・空調	豊中 俊之 (環境システム科)
タービン・ボイラ	長坂 政二 (東京商船大学)
電気	永田 嘉章 〃
ボイラ	堀田 秀夫 〃
電気	堀江 重俊 〃
内燃機関	堀籠 教夫 〃
燃料・潤滑	宮嶋 時三 〃
計測・制御	森下 隆 〃
電気	森田 豊 〃
熱力学	吉田 卓也 〃
一般	依田 啓二 (富山商船高専)

凡 例

1. 本文中の漢字はなるべく当用漢字を用い、仮名づかいは新かなづかいによったが、術語で従来慣用に従ったものもある。
2. 項目名は太字で示し、見出しのかな書きはその読み方で、表記は外国語はカタカナで表音式仮名づかいにより、その他は現代かなづかいによった。
見出しのカタカナの部分は項目名では——によって代用し、カタカナに相当することを示す。
3. 項目名の次に示した外国語は英語であり、その項目の英名である。
4. 項目の配列はすべて五十音順にし、濁音、半濁音、長音符号などは語順に無関係に配列した。
5. 項目および本文中の英文は小文字が基調であるが、固有名詞には大文字を使用した。
6. 度量衡その他の単位はメートル法によったが、英米の標準によっているもの、その他やむを得ないものは慣用のフート・ポンド法を用いた。
7. 参考文献は脚注として必要なもののみ記載し、その表わし方は下記によった。
著者、書名、巻号数（発行年）、ページ。
8. ◯の印は、他に参照項目および独立項目があることを示す。
9. 説明文に出てくる人名は、すべて敬称を略し、年号は原則として西暦によった。
10. 各項目の説明文の末尾に執筆者の姓を附して、その責任を明らかにした。なお一項目を二人以上で執筆した場合はその説明文相当の末尾に附した。
11. 奇数頁の柱にはその頁の最終項目名を、偶数頁の柱にはその頁の最初の項目名を頭から3文字平仮名太字で入れた。
12. 各項中の説明文で、とくに重要な語句については太字で示し、解りやすいようにした。

あ

あえん 亜鉛 [zinc] 主要な鉱石は閃亜鉛鉱(ZnS)と菱亜鉛鉱(ZnCO_3)で、これらから蒸留法または電解法により精製される。工業的に多く用いられる純度は98.0~99.99%で、とくに高純度のものとして99.999%がある。物理・機械的性質を次表に掲げる。

亜鉛の物理・機械的性質

記号(原子量)		Zn (65.38)
比 重		7.04~7.16(鋳物) 7.19(鍛冶材)
		5.43(溶解)
融 点		419.4°C
沸 点		930°C
比 熱		0.0931 (20~100°C)
熱膨張係数		2.198×10^{-5} (20°C)
熱伝導度		0.2653 (180°C)
電気比抵抗		5.38 $\mu\Omega \text{ cm}$
温度係数		0.00416
原子配列		稠密六方格子 $a=2.670 \times 10^{-8} \text{ cm}$ $c=4.956 \times "$
抗 張 力 (kg/mm^2)	鋳 物	4.7
	圧 延 材	8~24
	圧延後焼鈍	5~20
降 伏 点 (kg/mm^2)	鋳 物	4.1
	圧 延 材	8.8
	圧延後焼鈍	7.7
伸 び (%)	鋳 物	<5
	圧 延 材	18
	圧延後焼鈍	30
ブリネルかたさ	圧延後焼鈍	35~50
絞 り (%)	鋳 物	<5
	圧 延 材	30
	圧延後焼鈍	50

機械的性質は常温で脆く100~150°Cで展延性を増して塑性加工が可能になり、200~300°Cで再び脆くなる。

乾燥空気中ではほとんど酸化しないが、湿り空気中では表面に塩基性炭酸塩の薄膜を生じ、

内部を保護する。この性質を利用したものに防蝕用亜鉛メッキ(⇒)がある。黄銅、ホワイトメタルなど重要な合金の添加元素として用いられる。(佐藤)

あえんだいじくうけごうきん 亜鉛台軸受合金 [zinc-base bearing metal] 亜鉛(Zn)を主成分とし、銅(Cu)、錫(Sn)、アルミニウム(Al)、アンチモン(Sb)、鉛(Pb)などを添加した合金で、他の軸受合金よりも廉価で、硬度高く、靱性(じんせい)に乏しく、衝撃力に弱い。また、軸とのなじみもあまり良好でなく、高温では脆化(ぜいか)する。したがって、荷重が小さく低速度のものに用いられる。亜鉛を主成分としているため海水中で鋼軸の腐食を抑制する作用があり船尾軸受として用いられる。(佐藤)

あつえん 圧延 [rolling] 金属材料を加熱して、あるいは常温のまま、回転するローラの間を通過させて板、棒、形鋼、管などに製作する加工法である。ローラは平面のもの、みぞ形をもったものなどがある。

材料を加熱する熱間加工は厚板、薄板、棒鋼などの加工で、冷間における圧延はすべて薄板加工である。

圧延の方式は、ローラの数と配置および回転方式によっていろいろのものがある。(真田)

あっしゅくき 圧縮機 [compressor] 空気あるいはいろいろの気体に外部よりエネルギーを与えて、そのエネルギーを増加させる機械を圧縮機という。この際エネルギーの増加は主として圧力エネルギーの増加、すなわち圧力の増加の形で現われる。

圧縮機的能力は送出し圧力(たとえば kg/cm^2 ゲージ)、圧力比(送出し部と吸込部とにおける絶対圧力の比)ならびに流量(容積流量と重量流量とがある。容積流量は一般に吸込状態における単位時間内に流通する空気の容積)で示す。慣習上、送出し圧力 1.5 kg/cm^2 以上のものを圧縮機といい、それ以下のものを送風機と称する。

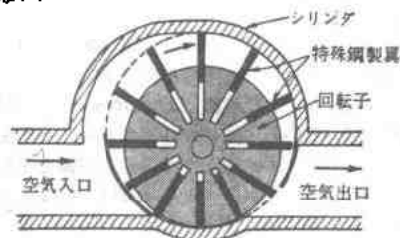
圧縮機は容積式圧縮機とターボ圧縮機とに大

別される。前者は一般に圧力比は大きい流量は比較的小さい場合に用いられ、後者は圧力比は小さいが流量の大きい場合に用いられる。

容積式圧縮機は、一定容積内に吸い込んだ気体の容積を漸次あるいは急激に減少せしめて圧送する機械で、回転式と往復式とに大別される。

空気の圧縮は往復式ではピストンの往復運動によって行なわれ、回転式では回転子それ自体、または回転子の回転に伴ってすり動くその一部分によって行なわれる。

図・1は回転圧縮機に属する可動翼形回転圧縮機の一例を示す。取扱う空気が圧縮可能なためポンプと異なり、多数の気密小室は回転子の回転とともに吸込側より送だし側へとその位置が移るにしたがいその容積は漸次減少し、これに伴い空気は漸次圧縮される。圧力比は気密小室が吸込側で占める容積と送だし側で占める最小容積により求められる。ただし、圧縮が等温圧縮か、断熱圧縮かあるいはポリトロップ圧縮かにより圧力比は当然変わってくる。気体の圧縮に伴って発生する熱は、冷却水によって取り除かれる。実用されているものは、容積流量は $0.5 \sim 50 \text{ m}^3/\text{min}$ 、送だし圧力は1段で 4 kg/cm^2 ゲージ、2段で $5 \sim 10 \text{ kg/cm}^2$ ゲージくらいまで、回転数は $500 \sim 1500 \text{ rpm}$ である。ただし、例示の圧縮機は船用としてはほとんど使用されていない。



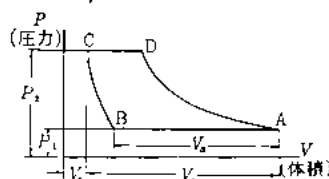
図・1 可動翼形回転圧縮機

往復圧縮機は、シリンダの配置により横形、縦形、串形、L形、V形、W形に、圧縮方法により単動、複動に、圧縮段数により1段、2段、多段に分けられ、いずれもクランク軸の回転により往復運動が与えられる。気体の圧縮に伴って発生する熱は冷却水によって冷却される。

図・2は1段空気圧縮機の理論的指圧線図を示す。すきま容積 V_c が存在するために、すきまに残った空気は吸入行程が始まればCB線に示すように膨張し、ピストンはその行程容積の全体に空気を吸い込むことができず、容積 V_c の空気を吸込み、1行程ごとに吸入および送出す容積が $V_1 - V_c$ だけ減少する。したがって体積効率 $\eta_v = Q_1/Q_{1s} = V_{1s}/V_1$ で示される。いま、図・2のCBが等温膨張および断熱膨張したと仮定したときの η_v は次式で示される。

$$\eta_v = 1 + \frac{V_c}{V_1} \{1 - (P_2/P_1)\} \quad \text{等温膨張}$$

$$\eta_v = 1 + \frac{V_c}{V_1} \{1 - (P_2/P_1)^{1/\gamma}\} \quad \text{断熱膨張}$$



図・2 1段圧縮機の指圧線図

すきまの空気は高温のために V_{1s} は大気温度における空気量でなく、大気より $10 \sim 15^\circ \text{C}$ くらい上昇した空気容積であり、そのために実際の空気量は減少する。したがって、吸入空気の温度上昇を考慮に入れると η_v は修正する必要がある。

実際の空気圧縮機では、吸込弁、送だし弁ならびに空気の抵抗やシリンダの不完全冷却のために余分の仕事が必要である。断熱圧縮仕事と実際の指圧線より求めた仕事の比を指示効率または圧縮効率といい、 η_p で表わされる。

$$V_1 = \frac{\pi}{4} D^2 S, \quad Q_1 = n \cdot V_1 \cdot N \cdot \eta_v$$

ここに、 Q_1 : 1分間にシリンダ内に吸い込む空気の容積 m^3/min 、 N : 毎分回転数、 n : 1(単動式)、2(複動式)、 D : シリンダ直径 m 、 S : 行程 m

ピストン速度 $v_m = (2N \cdot S)/60$ はあつう 4 m/s 以下にする。

$Q_1 \text{ m}^3/\text{min}$ の空気を $P_1 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs.}$ から $P_2 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs.}$ までに断熱圧縮するときの所要動力 N_M (空気馬力) PS は、

$$N_{ad} = \frac{1}{60 \times 75} \cdot \frac{k}{k-1} \cdot P_1 \cdot Q_1 \{ (P_2/P_1)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \}$$

圧縮機の機械効率を η_m とすれば、圧縮機の運転に要する軸馬力 (SHP) は次式で求められる。

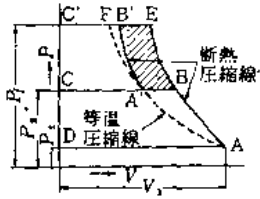
$$SHP = N_{ad} / (\eta_c \cdot \eta_m)$$

η_m はほぼ 0.9 ぐらいである。

要求される圧力比が大きな場合には 1 段のみにて圧縮を完了せずに、数段に分けて圧縮を行なうが、各段より送出される空気をつぎの段に導く途中で中間冷却器により冷却すれば、気体の容積が減少して圧縮に要する動力の節約にな

り、また送出し温度が低くなって、熱膨張、熱応力の影響を少なくし、さらに潤滑が容易になる。各段の圧力比は小形 (容積流量 0.1~1.5 m³/min) では 6~12、中形 (1.5~15 m³/min) では 5~8、大形 (20 m³/min) では 2~4 ぐらいにする。

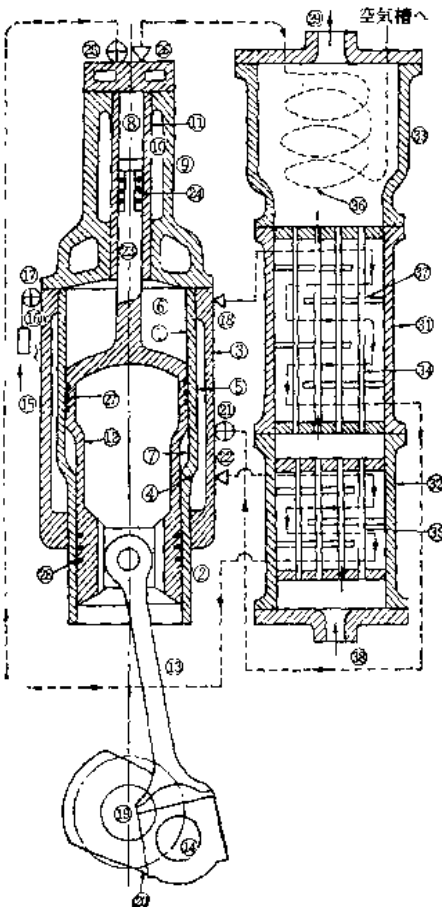
図・3 はシリンダのすきま容積 $V_c=0$ と仮定した 2 段圧縮の場合の理論的指圧線図の一例を示す。図中 BA' : 中間冷却器により A 点の温度まで冷却する変化、曲線 A'B' : 第 2 段の断熱圧縮線、面積 BEB'A'B' : 中間冷却による圧縮仕事の節約分を示す。しかし、この圧縮仕事の節約を示す面積は中間



図・3. 多段圧縮機の指圧線図

圧 P_2 の選び方により変わってくるが、これを最大にするためには $P_2/P_1 = P_1/P_3$ すなわち $P_2 = \sqrt{P_1 \cdot P_3}$ となるように選ばばよい。また、このように選んだ場合には第 1 段と第 2 段の圧縮仕事は同一となる。

図・4 は船用ディーゼル機関の起動空気圧縮



空気圧縮ポンプ側

- ④吸込弁
- △送し弁
- ①低圧シリンダ
- ②中圧シリンダ案内
- ③低中圧シリンダ外筒
- ④低圧と中圧との段
- ⑤低中圧ジャケット
- ⑥低圧圧縮室
- ⑦中圧圧縮室
- ⑧高圧圧縮室
- ⑨高圧外筒
- ⑩高圧シリンダジャケット
- ⑪高圧内筒
- ⑫ピストン
- ⑬連接棒
- ⑭クランクピン
- ⑮空気吸込口 (消音筒)
- ⑯空気加減弁
- ⑰低圧吸込弁
- ⑱低圧送し弁
- ⑲クランク軸
- ⑳クランク腕

- ②中圧吸込弁
- ②中圧送し弁
- ②高圧プランジャ
- ②高圧プランジャバックリング
- ②高圧吸込弁
- ②高圧送し弁
- ②低圧プランジャ金
- ②低圧バックリング
- ②中圧

冷却器側

- ①低圧冷却器
- ②中圧
- ③高圧
- ④低圧冷却管
- ⑤中圧
- ⑥高圧
- ⑦そろせ板
- ⑧冷却水入口
- ⑨冷却水出口

図・4. 3段空気圧縮機

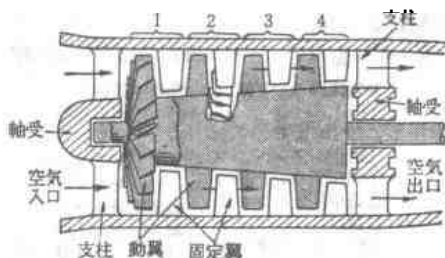
機に利用される3段圧縮段付ピストン形の模型図を示す。

往復圧縮機は往復ポンプと同様に送出し量に脈動があるので、それを平均にし、送出し圧力の脈動をも少なくするため通常送出し管の途中に圧縮空気だめを設ける。

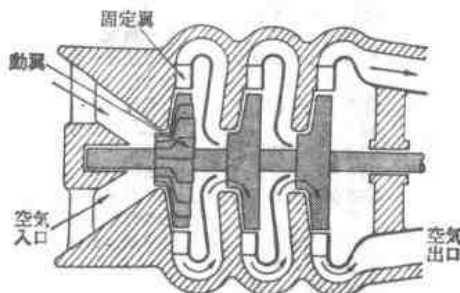
ターボ圧縮機は遠心形と軸流形(プロペラ形)とに分けられ、その基本的な事項はうず巻ポンプの場合とまったく同様である。

羽根車により気体に与えられたエネルギーは羽根車出口部では一部は圧力のエネルギー、一部は速度のエネルギーとして保有されている。

この速度エネルギーの大部分を圧力エネルギーに変換するために、案内羽根が備えられる。羽根1段だけでは軸流形の場合には圧力比が小さく圧縮機の範囲にはいらず、したがって軸流圧縮機は図・5にその一例を示すごとく多段形式となる。遠心形では1段あたりの圧力比は軸流形に比べて大きい、往復形に比べればずっと小さく、特別のものを除きたい1.3~1.7程度であるから、それより圧力比の高い場合は多段



図・5 4段軸流圧縮機



図・6 3段遠心圧縮機

とする。図・6は3段遠心圧縮機の模型図を示す。圧縮に要する動力は圧縮前の気体の容積に、また遠心力によって生ずる圧力はその比重量に比例する。したがって、圧縮に要する動力を少なくし、かつ機械を小形にするには圧縮過程にある気体の温度をなるべく低く保つように冷却方法を講ずる必要がある。このため遠心形ではケーシングに設けた水ジャケットによる冷却法と、段と段との間に設けた中間冷却器による冷却法とが用いられる。前者は送出し圧力1.5kg/cm²のものに用いられ、2kg/cm²以上のときには後者の方が有利であって、羽根車の2段目または3段目ごとに中間冷却器が設けられる。

遠心形圧縮機は、往復形圧縮機に比して比較的低圧力(数kg/cm²程度)の気体を多量に必要とする場合に使用される。ディーゼル機関の過給機や小形ガスタービン用に用いられる。この場合、羽根車の周速を音速近くにする、1段で圧力比が2以上に達する。軸流形では1段あたりの圧力比は遠心形よりもさらに低いが、効率がよく、主としてガスタービン用として発達し、段数は10段以上である。(小川)

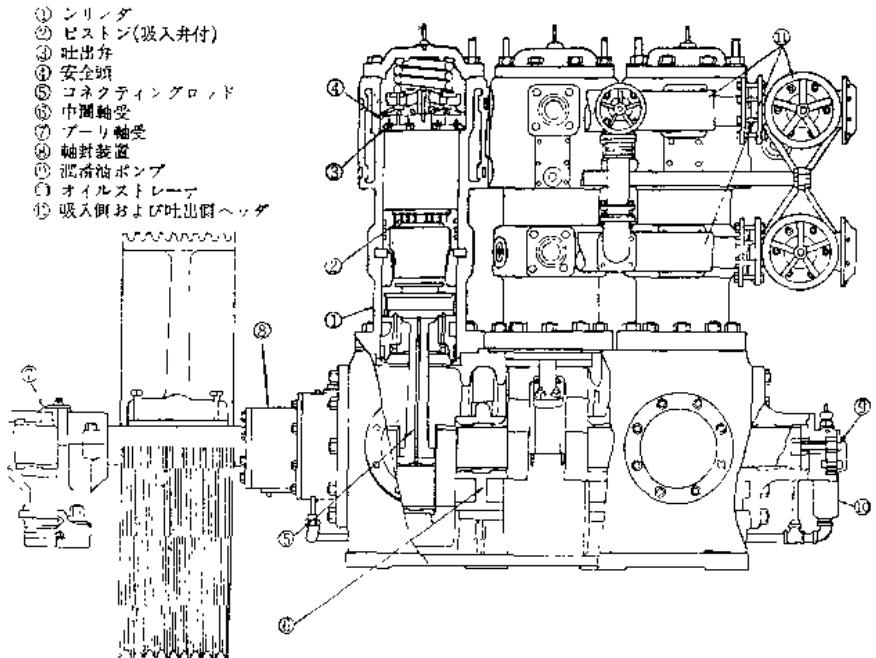
蒸気圧縮式冷凍サイクルにおいては、蒸発器で蒸発した冷媒ガスを吸入し、圧縮する機械をいう。

ガスの圧縮比が大きく、圧縮作用を2段以上に分けて行なう場合、低圧側の圧縮機はブースタ(またはブースタ圧縮機)と呼び、区別することもあるが、一般には両者を含む。

圧縮機はつぎのように分類される。

(1) 圧縮の方式による分類

体積圧縮式	往復動式	単動式(single acting reciprocating compressor)
		複動式(double acting reciprocating compressor)
	往復動多段圧縮式	(multi stage reciprocating compressor)
		回転式(rotary compressor)
遠心式	単段圧縮式	(single stage centrifugal compressor)
		多段圧縮式(multi stage centrifugal compressor)
		スクリー式(screw compressor)



図・7. 開放・立形(低速単動)往復動圧縮機

(2) 密閉構造による分類

開放形(open type)

半密閉形(semi-hermetic type)

全密閉形(hermetic type)

(3) 形状による分類

立形(気筒配列が直列のもの)(vertical type)

横形(horizontal type)

多気筒形(気筒配列がV, W, VV, 星形のもの)(multi cylinder type)

(4) 回転速度による分類

低速(low speed)

高速(high speed)

(5) 冷媒による分類

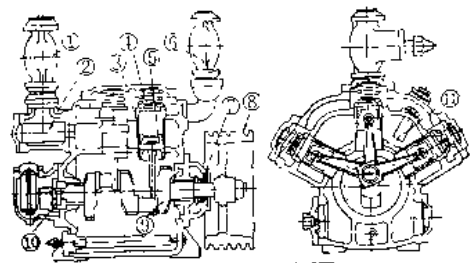
アンモニア圧縮機(ammonia compressor)

フロン圧縮機(freon compressor)

炭酸ガス圧縮機(CO₂ compressor) など

つぎに、比較的広く用いられている代表的な圧縮機について説明する。

開放・立形(低速・単動)往復動圧縮機 この圧縮機は単動形でもばらトランクピストン形



MC100組立断面図

①吸入側閉鎖弁

②サクションフィルタ

③シリンダライナ

④安全頭ばね

⑤ピストン

⑥吐出側閉鎖弁

⑦V溝ブリー

⑧軸封装置

⑨クランク軸

⑩油ポンプ

⑪安全弁

図・8. 開放形高速多気筒圧縮機

の小中形機で、シリンダ配列が直列の2〜3気筒、回転数は350〜700rpmぐらいである。フロン圧縮機では次第に高速回転になり、密閉化されてきたため、小形に限られているが、アンモニア圧

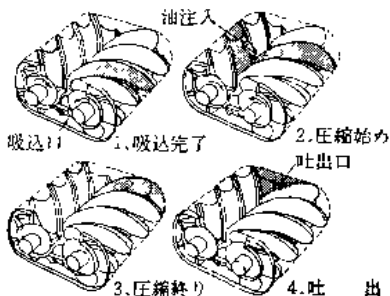
軸封装置はメカニカルシールを採用して、高速回転によく耐える。潤滑方式は潤滑油ポンプによる強制潤滑方式で、この油圧を利用したアンロード機構をもっている。

半密閉形圧縮機 フロン圧縮機のクランク軸とクランクケースを延長し、電動機を取り付け圧縮機に内蔵させた構造で、軸封装置を必要とせず気密性がよい。また、コンパクトで騒音も少ない。内蔵する電動機は冷媒ガスの作用で電気的絶縁が劣化しないことが必要である。圧縮機については起動トルクが少ない高速多気筒圧縮機と基本構造が同一である。

全密閉形圧縮機 小形の圧縮機ではハウジングを銅板製とし、圧縮機、電動機を組み込んだ後、完全に溶接して密封し、より気密性を高めた構造になっており、もっぱら7.5kW以下のパッケージドエアコンデションなどに使われている。

回転式圧縮機 回転式圧縮機には回転異形と回転ピストン形とがある。ロタスコ圧縮機は後者の形式で、船舶用としても用いられている。

スクロール圧縮機 おす、めすの歯形をもつロータのかみ合いによってガスを圧縮する機構をもった圧縮機で、小形で大容量のガスが処理でき、摩擦部分も少なく、1段の圧縮比も高くできる利点がある。



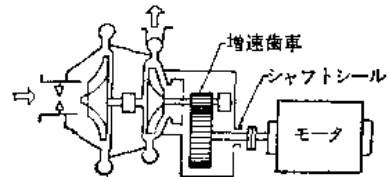
図・12. 圧縮機構

遠心式圧縮機(ターボ圧縮機) 遠心式圧縮機は体積圧縮式の圧縮機と異なり、高速で回転する羽根車に冷媒ガスを吸い込ませ、速度エネルギーを与え、ついで、羽根車の外周部にあるディフューザに入り、速度を徐々に落としながら圧

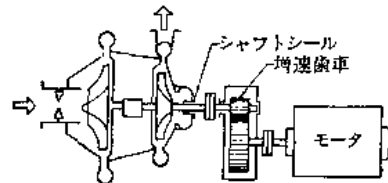
力エネルギーに変換していく圧縮方式をとっている。

圧縮機は羽根車の数によって圧縮段数が決まる。空気調和用ではかなり高速回転(7,000～10,000rpm)にして単段で圧縮するものが多い。大形の空気調和用または低温用では、2段圧縮以上のものが用いられている。

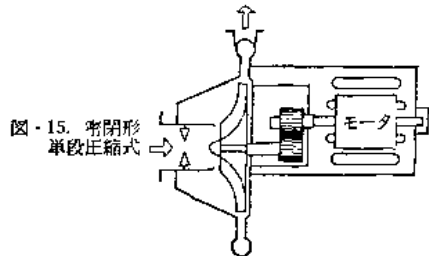
遠心圧縮機も電動機駆動のものは密閉形化がなされてきた。(註中)



図・13. 開放形増速歯車内装式



図・14. 開放形増速歯車外装式



図・15. 密閉形
単段圧縮式

あっしゅくきゅ 圧縮機油 [compressor oil] 圧縮機用潤滑油として専用の油があるわけではなく、圧縮機の作動ガスの種類、圧縮率の大小などにより適正潤滑油が選定される。

圧縮機のシリンダ潤滑油としては、給油量が少なくても、潤滑作用がじゅうぶんであり、摩擦摩擦を減少し、密封性にすぐれ、圧縮された高温の空気や、その圧縮機の作動ガスと接触しても変質せず、炭化傾向の少ない性質が要求される。(宮輪)

あつしゅくこうりつ 圧縮効率 [compression efficiency] 圧縮機で実際にガスを圧縮する場合、吸入弁や吐出弁などでガスの流れに対する抵抗が生じる。したがってシリンダ内の吸入始めのときのガス圧力は、吸入管内のガス圧力よりも多少低い圧力となる。また、吐出ガスの圧力も吐出管内のガス圧力よりも多少高い圧力となり、実際の圧縮機の圧縮仕事は理論的な値よりも大きくなる。このように、実際にガスを圧縮するのに必要な仕事量と、理論的に求めた仕事との比を圧縮効率または指示効率という。この圧縮効率は圧縮比が大きくなるほど、また圧縮機回転数が早くなるほど小さい値になる。(豊中)

あつしゅくちゅうかかんりょうてんかざい 圧縮着火燃料添加剤 ディーゼル機関に重油を使用する場合、燃料中に助燃剤あるいは燃焼促進剤が添加されることがある。これらの燃料添加剤の作用は、エマルジョンの破壊ならびにエマルジョンの生成防止、スラッジおよび遊離カーボンの分散、ハードカーボンの堆積防止ならびに灰分の融点上昇によるスタック性の防止、燃焼触媒による燃焼促進、腐食抑制などである。

重油添加剤は一種の界面活性剤であり、エマルジョンを破壊する効果があり、とくに 40°C 以上に加温すると効果が大きくなる。また界面活性剤は重油中のスラッジ性成分の粒子を大にしてミセル化し、コロイド状に分散させて堆積を防ぐ作用がある。

添加剤中に金属石鹼を含むものは、重油の燃焼に際し触媒作用をし、燃焼を促進するので排気温度を低下しエンジンの熱効率を上昇する。またある種の金属石鹼は、灰分の融点を高めて金属表面への附着堆積を減少するのに効果がある。(宮嶋)

あつしゅくりつ 圧縮率 [compressibility] 流体に外部より圧力を加えるとその容積は圧縮される。その圧縮される程度を表わすのが圧縮率である。すなわち、圧力が単位圧力増加したために圧縮された容積を元の容積で割ったものを圧縮率という。いま初め圧力 p のもとに容積 V であったものが、圧力が p' だけ増加したために容積が v だけ減少したとすれば、圧縮率 C は

$$C = (\delta v / V) / \delta p$$

圧縮率の逆数は容積弾性係数といい、 K と書くことにすると K の単位は圧力の単位に等しくなる。水の圧縮率は非常に小さいので、水力等の普通の問題では、水の圧縮率は考えに入れない。すなわち水は圧縮できない流体として取り扱う。(小川)

あつりょくけい 圧力計 [pressure gauge] マノメータとも呼ばれ、測定原理上つぎのような各種圧力計がある。

(1) 既知の力に対して、測定しようとする圧力をつり合わせてその圧力を知るもの……液柱形圧力計、分銅式圧力計、沈鐘式圧力計、リングバランス圧力計

(2) 圧力の変化による弾性変位を利用するもの……ブルドン管圧力計、ダイヤフラム圧力計、ベロー圧力計、チャンバ圧力計

(3) その他の物理現象を利用するもの……圧電気圧力計、電気抵抗線圧力計、圧縮圧力計、気体圧力計、ピラニゲージ、粘性圧力計

液柱形圧力計は、測定すべき圧力を液柱の高さから求めるもの、分銅式圧力計は受圧部にピストンを使用し、ピストンに働く力を分銅によってバランスさせて圧力を測定するもの、沈鐘式圧力計は、円筒状の沈鐘の一端を封じ、開放した他端を水銀、シリコン油、ダイフロン油などのシール液にひたし、その内外に加える圧力の差で生じた力をばねまたは平衡重錘によってバランスさせ、その移動距離を測って圧力の測定を行なうもの、リングバランス圧力計は環状形でんびんで水、油、または水銀などの封入液とバランスさせるものである。これらはいずれも取付けに水平を要求され、振動を避ける必要があるなど、船舶で実用するには不向きである。しかし船舶のような制限を受けない陸上ではいずれも使用されており、精度が高く、圧力計の検査など圧力の基準器としても用いられるものである。

ブルドン管圧力計は、ブルドン管の自由端の変位量が弾性限度内でブルドン管に加えた内圧に比例することを利用して圧力を測定するものである。圧力計としての古い歴史をもっており、現在も広く使用されている。ブルドン管には C

形、うずまき形、つるまき形、ねじり形などの
 形状があり、材料はアルミブラス、りん青銅、
 ステンレス鋼、ベリリウム銅、Kモネル、Ni-
 Span C、合金鋼などが使用されているが、こ
 れらの材質のものの圧力範囲は次表のとおりで
 ある。指示圧力計、記録圧力計はもちろん、プ
 レッシャリレー、圧力発信器としても適用され
 ている。

材 質	圧力範囲(kg/cm ²)
アルミブラス	～ 50
／ 青 銅	～ 50
18-8 ステンレス鋼	～50(低), 50～700(高)
ベリリウム銅	50 ～ 700
K モ ネ ル	～50(低), 50～700(高)
Ni-Span C	～50(低), 50～700(高)
台 金 鋼	～50(低), 50～700(高) 700～

ダイヤフラム圧力計は、柔らかく平面上に垂
 直方向に軽く動くダイヤフラムを圧力応動要素
 として使用するもので、中央に取り付けたスピ
 ンドルの動きを伝えて指示、記録させる。ダイ
 ヤフラム材質としては動物皮、合成ゴムなどの
 非金属、ステンレス鋼、ベリリウム銅などの金
 属が使用され、使用範囲は非金属ダイヤフラム
 では水柱1～2000[mm]、金属ダイヤフラムでは
 水柱10[mm] から、20[kg/cm²] である。

ベロー圧力計は圧力応動要素としてベローを
 使用し、これにかかってくる被測定圧力とベロ
 ーの有効面積との関係により発生する力、また
 はこの力とベロー自身の弾性（ばねをつけ加え
 たものはそれらの総合弾性）との釣り合いによ
 って得られた変位から圧力を知るものである。
 ベローはブルドン管に比べて出力が大きく、ブ
 ルドン形では測定が困難な1[kg/cm²] 以下の
 低圧の測定ができ、記録、調整、伝送機構をもた
 せて、ブルドン形では安定した精度の高い動作
 を得られないような場合に有効に使用される。
 ベローに使用される代表的な材料については、
 前表にかかげたブルドン管の材料と共通な面が
 多い、測定できる圧力の最高限度は、受圧力に
 対する変位の直線性で制約され、変位を仲介と
 する通常の圧力測定要素の場合は10[kg/cm²]
 程度が限度である。しかし、力を仲介とする力

平衡式とした場合、変位や直線性が直接問題と
 ならないので高耐圧のベローの使用が可能で、
 200[kg/cm²]程度まで測定することができる。

圧力を電氣量に変換して測定する方式をとる
 と、測定装置を分離できて遠隔測定することが
 でき、応答が速く、任意に指示や記録させるこ
 とができ、精度を高く信頼性を増すこと、出力
 による演算および制御がやさしいなどのいちじ
 るしい特長を生ずる、変換方式にはいろいろあ
 るが、実用される代表的なものとして抵抗線式
 圧力計、圧電気式圧力計があげられる。

抵抗線式圧力計は、抵抗線ひずみゲージの原
 理を応用し、電気導体がひずみを受けるとその
 抵抗が変化することを利用するもので、圧力で
 ひずみを与えて変化した抵抗を測定してもとの
 圧力を知る圧力計である。抵抗線の感度は必ら
 ずしも他の方式より高くはないが、直線性がよ
 く増幅が可能であり、ひずみゲージそのものが
 小形軽量という特長がある。抵抗線のひずみは
 ベロー、ダイヤフラムなどを介して与えられ、
 その抵抗変化は、この抵抗線を一辺とするブリ
 ッジ回路よりとり出す方法が一般に用いられ
 る。つまり、ブリッジ回路の電源発振器よりの
 電圧をあらかじめ平衡させておいて、この抵抗
 線の抵抗変化を起こさせて不平衡とし、出てき
 た信号を増幅して指示計あるいは記録計、制御
 系に入れている。微小な抵抗変化をとり出すの
 で、同路の線の切れかかりや接触不良、絶縁不
 良が重大な影響を及ぼすから、電気回路の保守
 にはじゅうぶん気をつけねばならない、とくに
 絶縁抵抗は50[MΩ]以上に保つ必要がある。

圧電気式圧力計はピエゾ電気を応用するもの
 で、ある種の結晶に力を加えると電位差を生ず
 るが、この電位差を測定してもとの加えられた
 圧力を知ろうとするものである。ピエゾ現象の
 材料として用いられている材料は水晶、ロッシ
 ユル塩、チタン酸バリウムである、この方式の
 圧力計は応答がよくて感度が高く、固有振動数
 を高く作りうるので高速現象のピックアップに
 適し、検出部を小形にできる特長がある。(森田)

あつりょくしけん 圧力試験(冷凍機) [pre-
 ssure test] 冷凍装置に使用される圧縮機、機
 縮器、受液器といった機器類および各機器を配

管で連絡した冷媒系統全体について、その耐圧性能と気密性能を確認するための試験の総称をいう。圧力試験にはつぎの種類がある（NK冷媒装置規則による）。

(1) 水圧試験(耐圧試験: hydraulic test)

圧縮機、一次冷媒の圧力を受ける圧力容器、管、管付着品について設計圧力（高圧側: $R12=16.5\text{kg/cm}^2$, $R22$, $\text{NH}_3=20\text{kg/cm}^2$, 低圧側: いずれも 10kg/cm^2 ）の2倍の圧力をかけて耐圧強度を確認する試験。

(2) 水中気密試験 (leak test)

耐圧試験に合格したものに、設計圧力に等しい圧力の空気圧またはガス圧をかけ、水中に入れて気密性能を確認する試験。

(3) 漏洩試験 (field leak test)

水圧試験、水中気密試験に合格した機器、配管を使用して、冷媒系統を完成させた後、設計圧力の90%の圧力の空気圧またはガス圧をかけ全体の気密性能を確認する試験。(豊中)

あつりょくそんしつ 圧力損失 [pressure drop] 粘性流体が固体表面にそって流れると、流体摩擦によってせん断応力が作用する。真直ぐで断面がいちょうな円管内の定常流において、そのせん断応力による摩擦損失圧力（圧力損失）は、通常次式で表わされる。

$$p_1 - p_2 = \lambda \frac{l}{d} \frac{\gamma}{2g} w^2$$

ここで、 $p_1 - p_2$: 管の途中の長さ l における圧力損失、 λ : 管摩擦係数 ($\Rightarrow$ 管摩擦係数)、 d : 管径、 γ : 流体の比重、 w : 流速。

流路断面が急激に変化する場合、途中に弁などの障害物のある場合、あるいは曲り、分岐、合流などがある場合、一般に次式で表わされる。

$$p_1 - p_2 = \zeta \frac{\gamma}{2g} w_1^2$$

ここで、 ζ : 抵抗係数、 w_1 : 入口流速

圧力損失は $(p_1 - p_2)/\gamma$ として損失水頭として、示されることが多い。(久保)

あつりょくひ 圧力比 [pressure ratio]

タービンのある1段落または段落群において、出口圧力 P_2 を入口圧力 P_1 で割った値をいう。 $\lambda = P_2/P_1$ 。(土居)

あつりょくらくさ 圧力落差 [pressure

drop] 一般に圧力とは物体の表面、または物体内のある任意の面に垂直に作用する力（たとえば kg/m^2 または kg/cm^2 ）で表わしている。蒸気またはガスのような流体では、そのなかの任意の面を通して、両側の流体が作用しあう力は、常にその面に垂直すなわち圧力である。いまある状態たとえば圧力 p_1 、エンタルピー i_1 における熱流体が膨張して、圧力 p_2 、エンタルピー i_2 に変化したとすれば、 $p_1 - p_2$ を称して圧力落差という。熱落差は $i_1 - i_2$ となるが、圧力落差と熱落差は蒸気の場合は比例しない。高圧域における圧力落差 p に対する熱落差 i と、低圧域において同程度の圧力落差 p に対する熱落差を i' とすれば i' は i よりはるかに大となる。この点から蒸気の圧力落差を利用して機械仕事をする蒸気ピストン機関では圧力落差の大小が、また蒸気タービンでは熱落差の大小が直接機械仕事に大小となって転換される。(土居)

アナログしきでんしけいさんき —— 式電子計算機 [analogue computer] アナログ式計算機は相似型計算機ともいわれ微分方程式を解く微分解析機が V. Bush などによって1931年に純機械式で作られた。そして電気式微分解析機となりつぎに電子管式の増幅器や積分器をもつアナログ電子計算機が作られたのである。

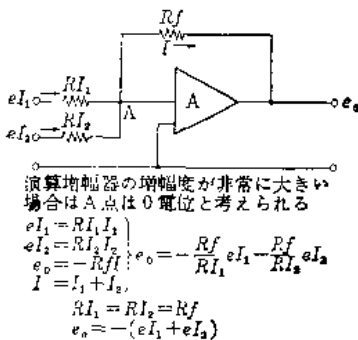
電子式により加減算器や乗算機などの演算要素の構成が非常に容易になった。

アナログ電子計算機は繰返し型（高速度型）と非繰返し型（低速度型）に分けられる。繰返し型は1回の演算に使用する時間が $4 \sim 20[\text{ms}]$ ぐらいで1秒間に50回ぐらい繰返しを行なうもので、解は通常ブラウン管上に波形として得る。一般的に回路構成などは非繰返し型に比して簡単であるが、誤差が約 $\pm 1\%$ ぐらいと大きいという欠点がある。また非繰返し型は $20 \sim 120[\text{s}]$ 程度の演算を行なう。繰返し型に比して非常に回路は複雑となるが精度が1けた以上もよくなるので高精度型などともいわれている。解はペン書きオシロ、X-Yレコーダなどで得る。演算時間が長いのでシュミレータとして使用するのに適している。

つぎに相似形式から分けると直接相似形計算機と間接相似形計算機に分けられる。直接相似形では交流計算機などのように、解析したい系を抵抗、コンデンサ、インダクタンスなどの要素で1:1で模擬して演算を行なっていく計算機である。間接相似形とは数式やブロック線図を解く場合に相似量は一定のもの（たとえば電圧）を使用し、各種演算を行なう計算機である。

一般にアナログ計算機は精度を上げるためには、非常に高価になり現在では精度を要する場合には演算部を計数型で行なう計算機などが考えられている。

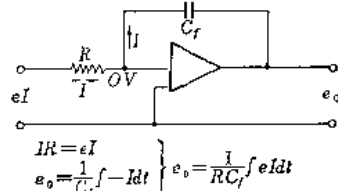
つぎにアナログ電子計算機の構成要素について説明を行なう。加算器とは、一種の負帰還増幅器であり図・1のような回路をしている。 $R_f/RI=K_n=1$ のとき出力信号は、入力信号の和の符号を変じたものとなり加算器といい、 $K_n \neq 1$ のときは加算倍率器と呼ぶこともある。図・1の説明からもわかるように、演算増幅器は非常に高利得のものが要求される。



図・1. 加算器原理図

積分器は加算器と同じように一種の負帰還増幅器であり、図・2に実際の例を示す。微分方程式が解けるのもこの積分器があるためである。入力信号を RC_f という時定数で積分を行なっている。(積分器も加算器と同様に符号が反転する。)一般に上記の加算器と積分器とを一緒にして加算積分器として使用されている。

係数器というのは一つの変数にある係数がかわるようなものを指している。実際の係数器としては、係数を細かく変えることができるもの



図・2. 積分器原理図

として係数ポテンショメータを使用している。一般に使用されているのは多重回転型のヘリカルポテンショメータを用いて、有効回転角を増して精度をあげている（現在では負荷抵抗効果を考慮して30[kΩ]ぐらいのものが使用されている）。

非線形演算器とはアナログ電子計算機が非線形の問題と同じように取り扱えるようにするために必要なものである。また、線形であっても演算増幅器で取り扱えないものも扱う。代表的なものとして乗算器、任意の関数に比例した電圧が得られる関数発生器、時間遅れを与えるむだ時間要素などがある。

繰返し型アナログ計算機では構成要素は非常に複雑となり精度も悪いが、非繰返し型アナログ計算機では信頼性の高いサーボ機構で構成している。

乗算器はいろいろな装置が開発されているが電子管式のものは精度が悪く、サーボ式のものでは応答速度が遅いといわれている。種類としては直接乗算を行なうものに交鎖磁界型乗算器、ホール効果型乗算器などがある。また数学的手法を利用したものでは対数方式乗算器、1/4自乗差方式乗算器などがあり、帰還型乗算器としてサーボ乗算器など各種の乗算器がある。むだ時間要素とは利得は周波数に関係なく、位相だけが遅れるものをいう。演算要素としては記憶方式と伝達関数近似方式とがある。前者は入力波形を記憶して、必要な時間だけ遅らせる方法であり、後者は時間遅れをバーディーの近似式で近似して、これを演算増幅器またはLCなどの回路で構成する方法である。一般に非線形は非常に複雑になるので、デジタル化やサンプリング化して取扱う方法が考えられている。

以上のほか構成要素としては関数発生器やサ