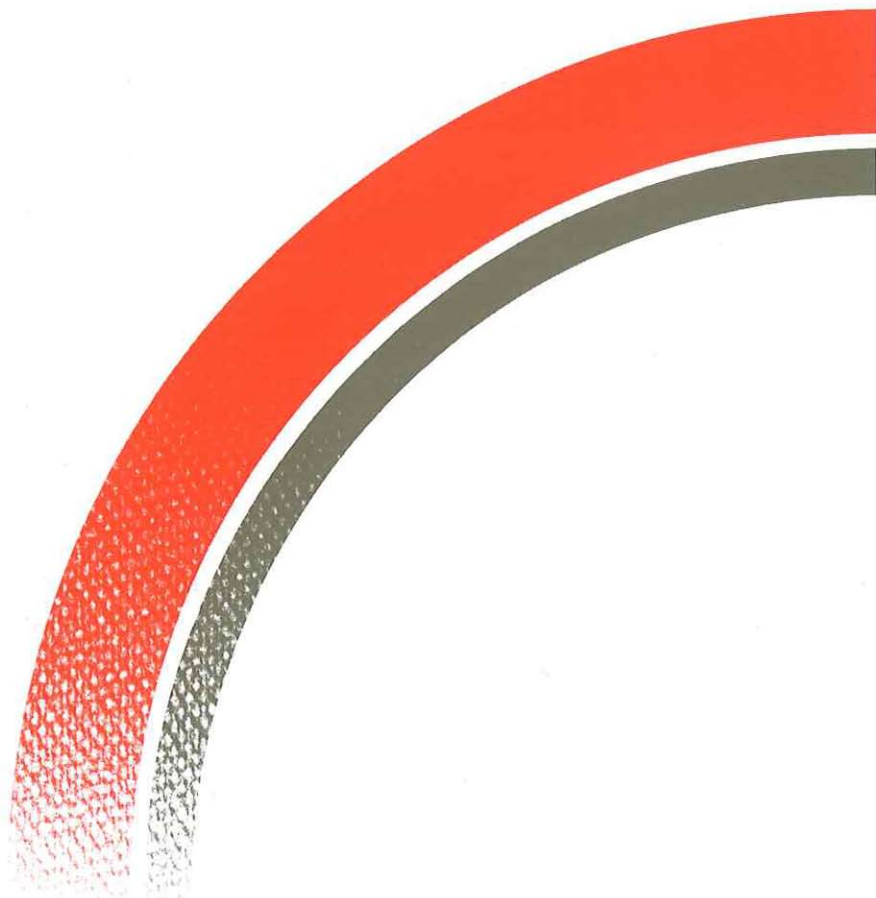


新訂・わかり易い設備工学講座

改訂第二版 **空気調和設備**

2

吉村 武・浅岡隆夫・二木良彦



彰国社刊

編集委員 (50音順)

相川 三郎	京都国際建築技術専門学校理事・京都伝統工芸専門学校理事
加藤 平二郎	元大阪府立東住吉工業高等学校教諭
戸ヶ崎 健次	元愛知県立東山工業高等学校教諭
戸崎 重弘	元東京都立蔵前工業高等学校教諭
吉村 武	元大阪府立東住吉工業高等学校教諭

まえがき

建築物や工業施設における建築設備を計画・設計・施工するための設備工学は、様々な工学の相互間における領域分野を、一つの総合的な工学として確立することが必要であると思われます。

本書は、上記の趣旨に基づいて、「新訂・わかり易い設備工学講座」の第2巻として、空気調和整備に関する基本的な事項と、それらの設備を構成する各種の機器・ダクト・配管等について十分理解した上で、空気調和整備を合理的に計画・設計するための基礎的な知識を系統的に学習することを目的としています。

本書は、設備技術者を志望される方々のみならず、すでに実務にたづさわっておられる中堅技術者の技術の研修のための参考書として広く利用していただきたいと念願として、できるだけわかり易く執筆しております。なお、基礎的な事項につきましては第1巻を、設計製図につきましては第5巻を併読いただければと思っております。

本書を執筆するにあたり、各種の参考文献・資料を引用させていただいたことを厚く御礼申し上げますと共に、彰国社編集部の方々のご協力に対し、深く感謝致します。

著 者

目 次

1 空気調和設備の概要	1
1.1 空気調和	1
練習問題.....	5
2 空調負荷	7
2.1 冷房負荷	7
2.1.1 冷房負荷の構成要因 ...	7
2.1.2 壁体からの取得負荷 ...	7
2.1.3 窓ガラスからの 取得負荷	10
2.1.4 すきま風による 取得負荷	11
2.1.5 人体からの取得負荷 ...	15
2.1.6 照明および動力機器 からの取得負荷	15
2.1.7 送風機・ダクトなど からの取得負荷	18
2.1.8 再熱負荷	18
2.1.9 外気負荷	18
2.1.10 冷房負荷	19
2.2 暖房負荷	22
2.2.1 暖房負荷の構成要因 ...	22
2.2.2 壁体などからの 損失負荷	23
2.2.3 すきま風による 損失負荷	24
2.2.4 外気負荷	24
2.2.5 機器からの損失負荷 ...	24
2.2.6 暖房負荷	24
2.3 熱負荷の概算値	25
2.4 年間負荷	25
練習問題	27
3 暖房設備	29
3.1 直接暖房設備の概要	29
3.2 蒸気暖房設備	30
3.2.1 蒸気暖房の概要	30
3.2.2 蒸気暖房の特徴	31
3.2.3 蒸気暖房の方式	31
3.2.4 蒸気暖房装置	33
3.2.5 管径計算	36
3.3 温水暖房	42
3.3.1 温水暖房の概要	42
3.3.2 温水暖房の特徴	42
3.3.3 温水暖房の方式	43
3.3.4 温水暖房装置	44
3.3.5 温水暖房の配管設計 ...	48
3.4 ふく射暖房	53
3.4.1 ふく射暖房の概要	53
3.4.2 ふく射暖房の特徴	53
3.4.3 ふく射暖房方式	54
練習問題	56

4 空調の計画と計算	59
4.1 空調の計画	59
4.1.1 基本事項	59
4.1.2 空調方式の選定	60
4.1.3 熱源機器容量と 機械室面積	61
4.2 空調方式とその適用	62
4.2.1 空調方式	62
4.2.2 各種建物への空調方式 の適用	70
4.3 空調の計算	72
4.3.1 空気の状態変化	72
4.3.2 空気線による計算	83
4.3.3 空気調和のプロセス	91
練習問題	94
5 空気調和機器	97
5.1 空気調和機	97
5.1.1 種類	97
5.1.2 エアハンドリング ユニット	98
5.1.3 個別式空調機	102
5.1.4 マルチ空調機	107
5.1.5 空気浄化装置	107
5.1.6 コイル	114
5.1.7 空気洗浄器	127
5.1.8 加湿装置	130
5.1.9 減湿装置	132
5.1.10 温水熱交換器	132
5.2 熱源装置	133
5.2.1 冷凍機	133
5.2.2 ヒートポンプ	145
5.2.3 熱回収方式	148
5.2.4 蓄熱空調と蓄熱槽	150
5.2.5 冷却塔	153
5.2.6 ボイラ	156
5.2.7 温風暖房機	163
5.3 熱媒搬送設備	163
5.3.1 送風機	163
5.3.2 ダクト	169
5.3.3 吹出口と吸入口	187
5.3.4 ポンプ	197
5.3.5 水配管	200
練習問題	207
6 換気・排煙設備	215
6.1 自然換気設備	215
6.1.1 自然換気	215
6.1.2 自然換気設備	216
6.2 機械換気設備	216
6.2.1 機械換気	216
6.2.2 機械換気設備	216
6.3 必要換気量	217
6.4 局所排気	220
6.5 排煙設備	220
6.5.1 排煙方式	221
6.5.2 排煙設備の設置対象 となる建築物	222
6.5.3 排煙設備の構造	222
練習問題	224

7 自動制御	225
7.1 自動制御の概要	225
7.2 自動制御の方式	227
7.3 自動制御機器	228
7.4 空調機の制御	234
7.4.1 中央式	234
7.4.2 個別式	236
7.5 機器の制御	237
7.5.1 ボイラの自動制御	237
7.5.2 冷凍機の制御	237
7.6 中央管制	239
7.7 ビルの電算機管理	241
練習問題	242
引用・参考文献	244
索引	245

付図1 湿り空気線図 ($h-x$)

執筆分担

- 1, 5, 7 吉村 武
2, 4, 6 浅岡 隆夫
3 二木 良彦

最近、中央式空調機も小型化して天井・壁に埋め込み、小ゾーン単位での運転・停止とダクト工事を簡略化するようになった。図5.6は、高性能コイル、専用小型送風機を省スペースに配置し、インバータ、全熱交換器(図5.63参照)を組み込んだ省エネルギー形のコンパクト形空調機である。さらにCO₂濃度を感知して外気取入れ量、外気冷房など空調機全体をマイコン制御するシステムエアハンドリングユニットが用いられるようになった。図5.7にその例を示す。

5.1.3 個別式空調機

空調用の各機器がケーシング内に合理的に収納され、その容量・用途に応じた機種を選択が可能であり、中小規模建物の空調用と共に大規模建物においても中央式空調機と併用して使用される。

個別式空調機は冷凍機別置形と冷凍機自納形に分類でき、前者にはファンコイルユニット、誘引ユニットがあり、後者にはパッケージ空調機、ウィンドクーラがある。

a. ファンコイルユニット 床置形ファンコイルユニットは図5.8に示すように冷却・加熱兼用の冷温水コイル、フィルタ、送風機および同用電動機をケーシング内に収納しユニット化した単純な構成の小形空調機である。

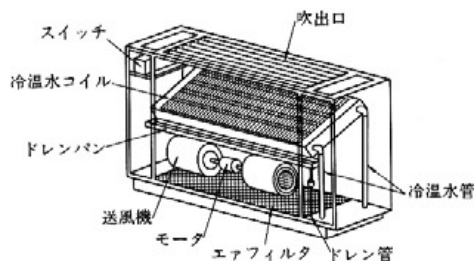


図 5.8 ファンコイルユニット

床置形、天井形およびそれぞれの露出形、埋込み形があり、床置形には高さの低いローボーイ形がある。埋込み形は室の意匠に合わせて窓下や天井内に設置され、天井形のものでは室内・廊下の天井に隠ぺいしダクトを用いて室内へ送風が可能である。

コイルはプレートフィン付管、列数は2列または3列の冷温水コイルが通常の形式であるが、冷却コイルと加熱コイルが別個になっている2コイル形もある。

送風機は両吸込多翼送風機が用いられ、大形や薄形のユニットでは貫流送風機とすることもある。通常スイッチ操作により風量の3段切替えが行われる。

フィルタは合成樹脂製のサラネットなどのように洗浄により再生可能なものか、グラスウールを用いた廃棄形であり、いずれにしてもコイルの汚れを防

止する程度のもと考えてよい。ケーシングは鉄板に表面処理をしたグラスウールなどで裏張り保温がしてあり、露出形ではメラミン焼付け塗装に、埋込み形は黒色である。容量は1.76~7kW (0.5~2.0Rt)、風量は300~1000m³/hであり、ユニットは最大冷房能力を満足するものの中から選定される。

ファンコイルユニットは循環水配管とドレン配管および電動機用配線の施工により設置が簡単なことと、発生騒音が小さく、個別制御(運転、停止、風量切替えおよび温度調節器による冷温水の自動制御など)にすぐれ、要求される機能に適應できる機種・容量の選定が可能で広い用途がある。ゆえに事務所ビルのペリーメータ、ホテル、マンションおよび病院など大規模な多室建物の各室用とか一戸建住宅のセントラルエアコンディショニングの小規模建物にも用いられる。大規模建物における室内換気用の外気導入と湿度の調整には中央式の一次空調機を設置して調整された一次室気¹⁾を送風する必要がある。

b. 誘引ユニット 冷温水コイル、簡単なフィルタおよび中央式空調機から高速ダクトで送風される一次空気の消音・吹出し用のノズル付きチャンバがケーシングに収納されている。形式は床置形、天井形の埋込み形が用いられ、床置形は図5.9のように建物の窓台下に設置される。容量は0.9~2.6kW (0.25~0.75Rt)、一次空気量は50~240m³/h程度で、ユニットは最大の空調負荷を満足し、一次空気量が規定換気量以上あることにより選定される。

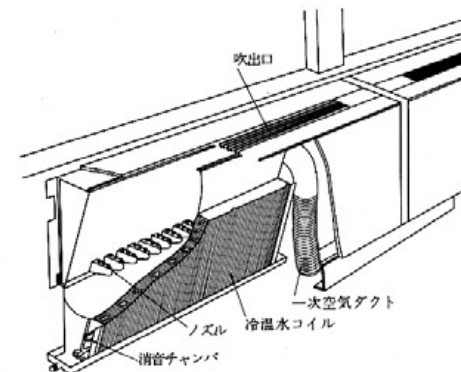


図 5.9 誘引ユニット

c. パッケージ形空調機 パッケージ形空調機は冷凍機、冷却コイル、フィルタおよび送風機をケーシング内に収納し、冷却水配管(または冷媒配管)ドレン配管および電気配線の施工だけで冷房(熱ポンプにより冷暖房兼用形もある)ができるよう製作された量産型のユニットである。パッケージ形空調機は、基本は冷房用であるが、空気加熱器、加湿器などの付属品を組み冷暖房用としたものもあり、事務所ビル、飲食店などの業務用の中規模以下の建物や、

1) 室内換気に必要な外気を適当な露点温度とした調和空気。

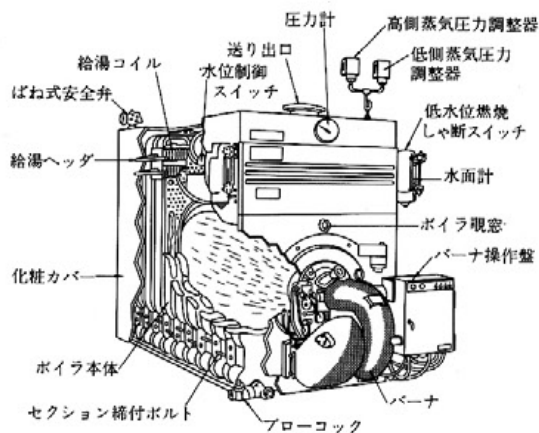


図 5.73 セクショナルボイラ (前田鉄工)

いる。
 6) 真空式温水機 ボイラ胴内の上部に暖房用コイル、給湯用コイルを設け、空気を排気して真空(0.037MPa)に保持して水を沸騰させ、減圧蒸気により加熱する構造である。ボイラ内部が大気圧より低いので、ボイラとしての法規制を受けず、取扱いも容易で低温用の温水ボイラと

して広く用いられている。

b. ボイラの出力、効率 ボイラ容量は定格出力(最大連続負荷における毎時出力)蒸気ボイラの場合、換算蒸発量 G_e (kg/h) または熱出力 H_w (kJ/h)、温水ボイラの場合は熱出力 (kJ/h) で表す。

換算蒸発量 (kg/h) は100°Cの飽和水から同温度の乾き飽和蒸気を発生させる熱量を基準としたもので、実際蒸発量 G_s (一定温度の缶水が最終状態の蒸気になる1時間当りの蒸発量) を換算蒸発量に換算したものである。

$$G_e = \frac{G_s(i_s - i_w)}{2256} \quad (5.39)$$

$$H_w = L(h_2 - h_1)/3600 \quad (5.40)$$

i_s, i_w : 発生蒸気、給水のエンタルピ(kJ/kg)

L : 循環水量(kg/h), h_2, h_1 : 行き、返り温水のエンタルピ(kJ/kg)

[例題 5.6] 14°Cの水を給水し、蒸気圧力0.3MPa (3kg/cm²) で1時間に200kgの蒸気をつくりたい。このボイラの換算蒸発量はいくらか。

[解] ゲージ圧力0.3MPaの蒸気のエンタルピ $i_s = 2737$ kJ/kg, 14°Cの水のエンタルピ $i_w = 59$ kJ/kg 式 (5.40) より

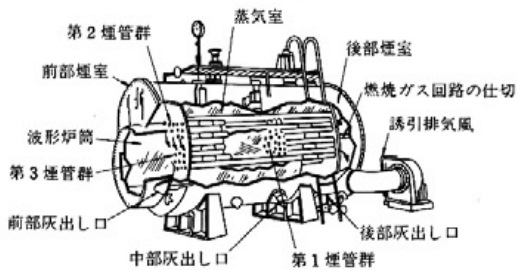


図 5.74 炉筒煙管ボイラ

$$G_e = \frac{200(2737 - 59)}{2256} = 237 \text{ kg/h}$$

定格出力は放熱器容量(ネットレーティング)に配管損失と焚き始め負荷の余裕負荷を算定したものでkJ/hで表示する。余裕負荷は、蒸気ボイラでは放熱器容量の35%⁴⁹⁾、温水ボイラでは15%⁵⁰⁾とする。なお放熱器容量は放熱器、空調機加熱器および給湯負荷の合計値である。

ボイラの効率 η はボイラに供給する燃料の低発熱量を基準として、実際にボイラで吸収された熱量の割合を示し、次式で求める。

$$\eta = \frac{G_e(i_s - i_w)}{G_f \times f_l} \times 100 = \frac{H_w}{G_f \times f_l} \times 100(\%) \quad (5.41)$$

G_f : 燃料使用量(kg/h, m³/h), f_l : 燃料の低発熱量(kJ/kg, kcal/m³)

[例題 5.7] 前問のボイラで灯油を燃料とすれば燃料消費量はいくらか。ただしボイラ効率 $\eta = 75\%$ とする。

[解] 灯油の低発熱量は表5.41より43500kJ/kg 式 (5.41) より

$$G_f = \frac{G_e(i_s - i_w)}{\eta \times f_l} = \frac{200(2737 - 59)}{0.75 \times 43500} = 16.4 \text{ kg/h}$$

灯油の比重0.79として 16.4/0.79 = 20.8 l/h

表 5.41 燃料の性質

種類	比重	低発熱量 (kJ/kg)	理論空気量 (Nm ³ /kg)	実際空気量 (Nm ³ /kg)
灯油	0.79	43500	10.8	11.6
重油 A	0.86	42700	10.7	11.3
" B	0.91	41400	10.4	11.0
" C	0.94	40800	10.3	10.9
液化石油ガス	*			
プロパン	1.55	96300	11.8	12.9
都市ガス	*	(kJ/Nm ³)		
6 B	0.6	18800 (4500)	4.5	5.1
6 C	0.54	16700 (4000)	4.1	4.9
13 A	0.65	41900(10000)	11.0	12.1

* 空気を1としたときの値。

* 低発熱量は総発熱量から燃料中の水分・水素による水蒸気凝縮潜熱分を差し引いた熱量。

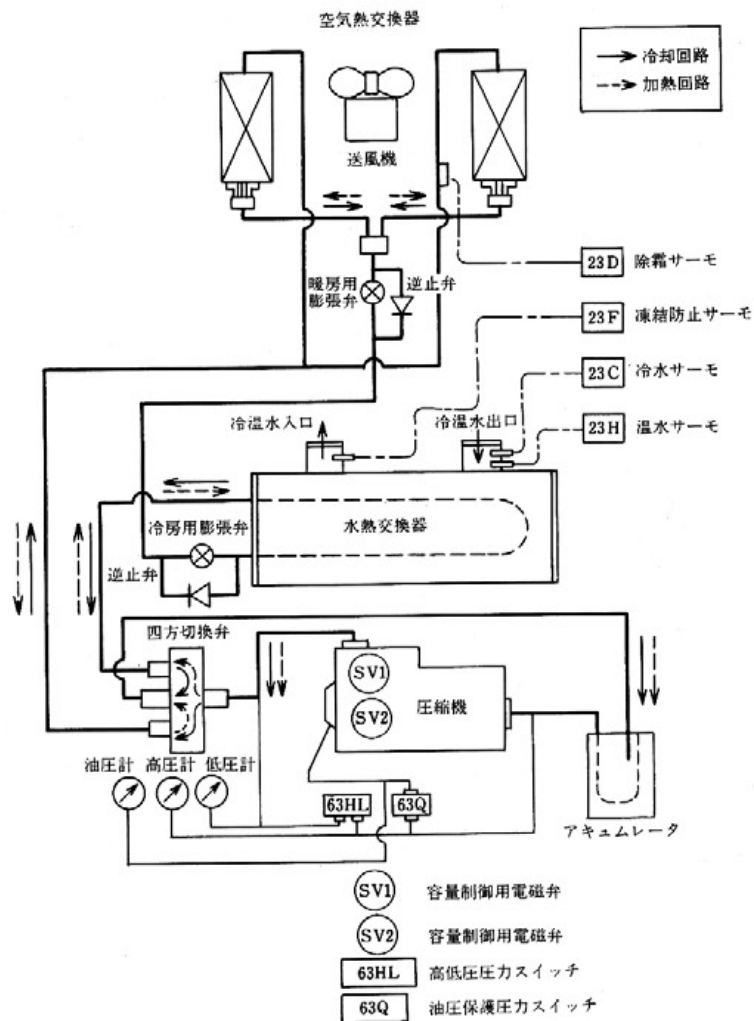


図 7.24 空冷ヒートポンプチラーの制御(監官製作所)

転の指示により四路切換弁が作動し冷熱源・湿熱源として使用される。冷水・温水サーモは水熱交換器の出口温度を検知して、圧縮機の容量制御し、凍結防止サーモにより急速な負荷変動が冷水不足による水熱交換器の凍結を防止している。除霜サーモは冬期に空気熱交換器(蒸発器)への霜付きを防止する。

また、冷凍機の保安装置として高低圧圧力スイッチの高压側は熱交換器側の

水量・風量不足等による異常高压を検知し、低压側は急激な負荷変動による冷水の凍結防止や冷媒不足による異常低压を検知し、異常発生時に動作する。油圧保護圧力スイッチ、潤滑油系統の不調・オイル不足などの異常時に圧縮機の焼損を防止し、高低圧圧力スイッチと共に安全運転のために不可欠な自動制御機器である。

b. ターボ冷凍機 容量制御には、サクシオンペーン制御と圧縮機の回転数制御が一

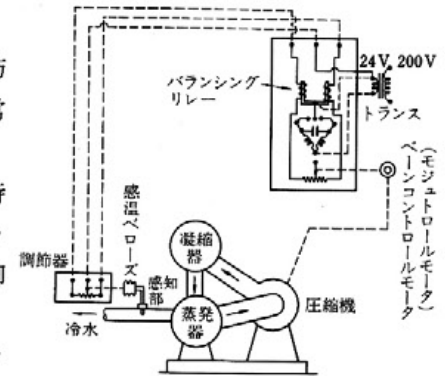


図 7.25 ターボ冷凍機の自動制御法

般に用いられており、いずれも冷水温度を一定にするように制御される。図7.25に電気式のサクシオンペーン制御による場合を示す。冷水出口温度を検出し、調節器によりサクシオンペーンをモジュトロールモータにより比例制御するもので、制御範囲が広く、部分負荷に対しても高効率である。

c. 吸収式冷凍機 図7.26は、再生器に送入する蒸気量を制御するもので、溶液から水を沸騰させる量、したがって、蒸発器に流入する冷媒である冷水の量が制御され、この方法は応答が早く、一般に用いられる。

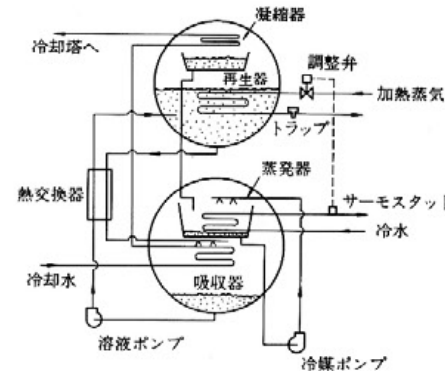


図 7.26 吸収式冷凍機の自動制御法

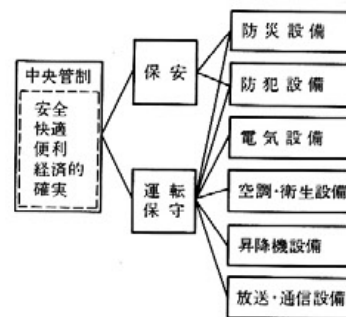


図 7.27 中央管制の構成

7.6 中央管制

中央管制とは、大規模な建物内の多数の計装設備の操作、あるいは状態監視などを1か所に集めた中央監視制御装置で集中管理することである。

中央管制の目的は、中央監視制御盤を介して一連の計装設備により安全・快適・便利な建築環境を作り出し、この環境を作り