

最近の室内空気調和設備

大阪大学工学部 内 藤 和 夫

1. ま え が き

近年都市人口の急速な膨脹にともなう、各種の建築が盛んであるが、この傾向は今後もなお続くものと考えられる。これら新築される建物にあっては、空気調和設備は不可欠のものと考えられており、これに投ぜられる設備費もかなりの金額となりつつある。極端な表現を用いるならば、空気調和設備をもたない建物はも早倉庫にも等しいといわれるほどであって、空気調和設備が建築そのものの性格を一変したといっても過言ではないほどである。

このような空気調和設備の発達、その基礎となる建築、機械、電気やその他工学の発展によるところが大きい。また空気調和設備の普及は、当然ながらそれらに用いられる機器の開発を刺激するところとなり、かつその性能を著しく向上させつつあるので、空気調和設備の変遷と最近の動向などについて、ごく簡単に紹介しようと思う。

2. 空気調和の変遷¹⁾

わが国における空気調和の発展過程をかえりみると、その起源は、大正初期に紡績工業において採用されたのが初めのものである。当初綿紡績工場における空気調和の目的は、繊維の可紡性と品質とを向上させることにあったので、室温のコントロールは二義的な意味をもつに過ぎず、作業環境の改善は全く考慮外にあったようである。したがって、従来紡績工場における空気調和においては、その冷熱源を主として地下水に求めており、冷凍機を使用した例は少なかった。

近年、生産性の向上にともない室内における使用動力が急増したこと、地下水源の確保が困難となってきたことのほかに、労働条件の改善が必至となったことなどの原因が重なって、完全な空気調和の要求が高まりつつある。したがって、綿紡績工場での冷凍機の需要もようやく増加する傾向となってきた。

一方ビル関係の空気調和は、大正末期に輸入した冷凍機により冷房装置が組立てられたのが最初であった。その後、昭和6年頃ターボ冷凍機の国産化が可能となった

ため、その使用が百貨店や大きな劇場などの公共建物に普及し、今日に至っている。しかし冷凍機の需要が飛躍的に増大したのは昭和30年以後であって、これには都市における各種のビル建設の増加が大きく影響している。この頃から同時に小型の冷房装置も一般の中小規模の建物にも普及するようになった。

事務所建築における空気調和の目的は、その対象である人間の保健衛生にある。にもかかわらず、実際には空気調和設備のある事務所建築においても、この目的が十分に達せられず、かなり汚染した空気状態にあるところが多いようである。

3. 空気調和の方式

空気調和は、室内空気の温度、湿度、気流および空気の汚染度を希望の状態に保つことを目的としている。したがって空気調和の負荷の種類や大きさによって当然装置の作用や構造も異なったものでなければならない。たとえば、高層建築では顕熱冷房負荷の40～60%が太陽熱によるものである。この熱負荷は建物の方位によっても、また時間によってもその大きさが異なるので、建物全体を均一な空気状態に保つためには、それぞれの方位における熱負荷に応じて区域的に冷房の程度を変化させなければならない。これがいわゆるゾーニング(Zoning)である。一方紡績工場の精紡工程では、外壁からの伝熱負荷は、全冷房負荷の10～20%程度であるので、ゾーニングの必要はない。またホテルのように室数が多く、かつその使用時間が異なる建物では、各室毎に希望温湿度に空気調和をおこなうことがのぞましいので、この場合には前記の二つの方法とは異なった空気調和方式を採用しなければならない。

空気調和方式も、熱の運搬媒体を空気においてその分布の方法から分類すると、つぎのようになる²⁾。

個別式空気 調和方式	{	自納式ユニット方式
		遠隔式ユニット方式
中央式空気 調和方式	{	全ダクト方式 {
		単一ダクト方式
		二重ダクト方式
	{	各階ユニット方式
		一次空気方式
		輻射暖冷房方式

いずれの空気調和方式にあっても、共通してつぎの各装置が必要である。

1. 冷熱源としての冷凍機を用いた冷却装置
2. 温熱源としてのボイラまたはヒートポンプ装置
3. 空気ろ過装置
4. 空気調和器
5. 室内空気分配装置
6. 配管装置
7. 温湿度制御機器

個別式空気調和方式とは、室単位で熱負荷の処理を行なう方法を指す場合が多い。また中央式空気調和方式とは、建物内の機械室に大容量の空気調和機器を設けて空気を処理し、これをダクトあるいは配管によって各室に分配する方式をいう。普通一般には、設備費ならびに經常費の点から、中小規模の建物には個別式のものが、また大規模の建物には維持管理の点からも中央式のものが推奨されている。

(1) 個別式空気調和方式 (Unit-system air conditioning)

この方式は、空気調和器を構成する要素によりさらにつぎの二つに分類される。

a. 自納式ユニット (Self contained type air conditioner)

自納式ユニットとは、空気調和を行なうのに必要な圧縮器、凝縮器、蒸発器（空気冷却器）、ファン、エア・フィルタおよび制御装置などを一つのケーシング内に納めたものであって、それ自体で冷凍サイクルを完備した形式のものである。このものには床置き型の Packaged air conditioner (図1) と、窓掛型の Room air conditioner (図2) とがある。

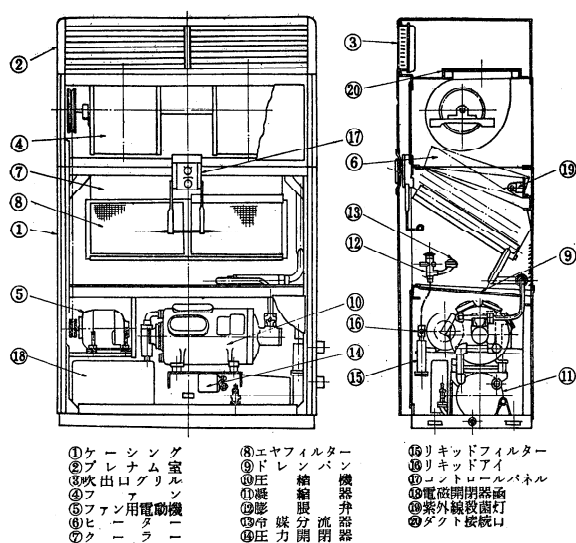


図1 Packaged air conditioner の構造

自納式空気調和器の特徴としては、つぎの諸点があげ

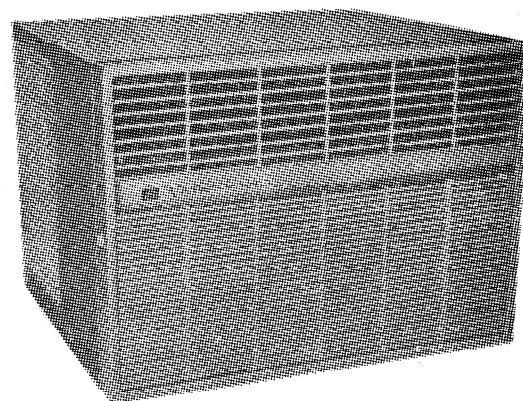
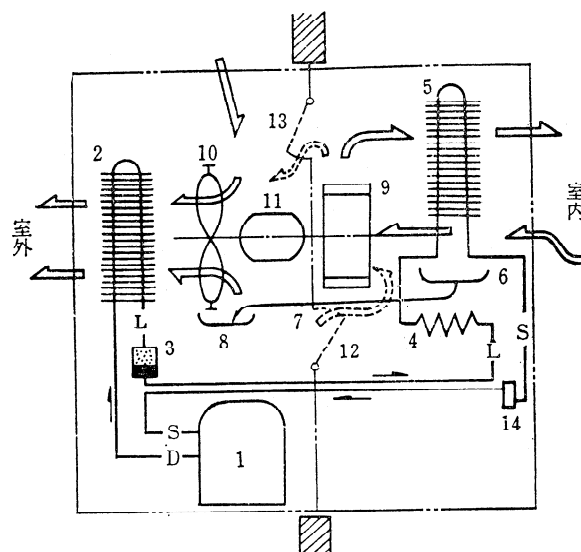


図 2 (a)



- | | |
|--------------|----------------|
| 1 圧縮機 | 10 凝縮器用ファン |
| 2 凝縮器 | 11 ファン電動機 |
| 3 ドライヤーフィルター | 12 外気取入用ダンパー |
| 4 キャピラリーチューブ | 13 室内空気排出用ダンパー |
| 5 クーラ | 14 アキュムレーター |
| 6 ドレンパン | D 吐出管 |
| 7 ドレン管 | L 液管 |
| 8 水溜め | S 吸入管 |
| 9 クーラ用ファン | |

図 2 (b) Room air conditioner の構造

られる。

1. 組立てがすべて工場で行われているので設備費が安い。
2. 維持管理が簡単で運転に特別な技術を要しない。
3. 全体がコンパクトに組立てられているので据付け面積が小さくてよい。
4. 量産により品質が安定しており、コストが安い。
5. 一つの建物に二台以上設置する場合に、負荷変動に応じて必要台数だけ運転できる。

しかし、本来自納式のは小規模な建物や個室に対する冷房用に作られているので、厳密な温湿度調整には不適当である。また外気処理の点で不十分なところがあるので、理想的な空気調和器とはいえない。しかし設備費

が安いことと、運転が容易であることなどが魅力となつて、今後もさらに一層普及すると考えられるが、ガス洩れや耐久性の点で改良の余地が多く残されている。

b. 遠隔式ユニット (Remote type air conditioner)

この方式には、つぎのような形式のものが考案されている。

① スプリット方式 (Split system)

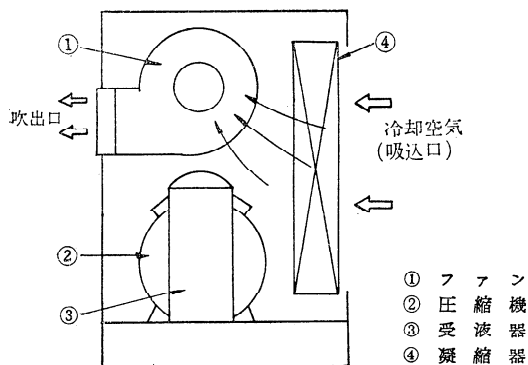


図3 液化装置

圧縮機、凝縮器などを一体とした図3のような液化装置（これを Condensing unit という）を自納式のものから分離し、これを冷房すべき室外に分割設置して、これに図4のような冷却器を主体としたファン・コイル・

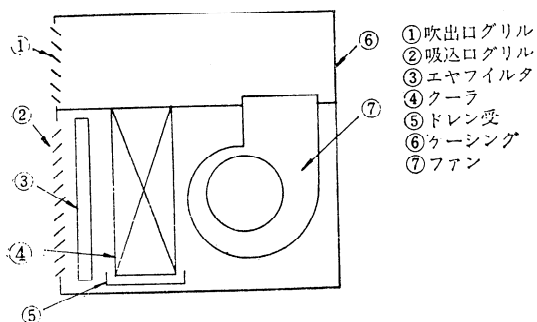


図4 ファン・コイル・ユニット

ユニットを冷媒液管および冷媒ガス管（吸入管）で接続して用いる方式のものである。自納式のものよりも、騒音や振動が少ないのが一つの特徴となっている。

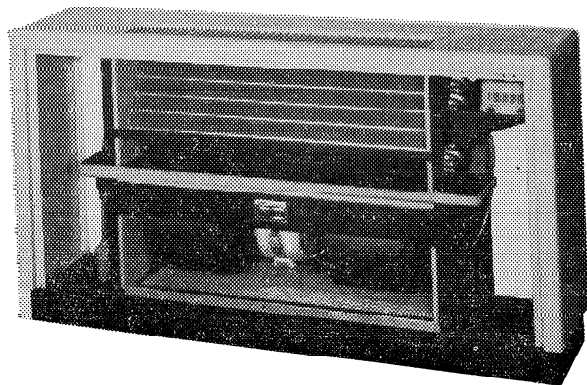


図5(a) 床置型ファン・コイル・ユニット

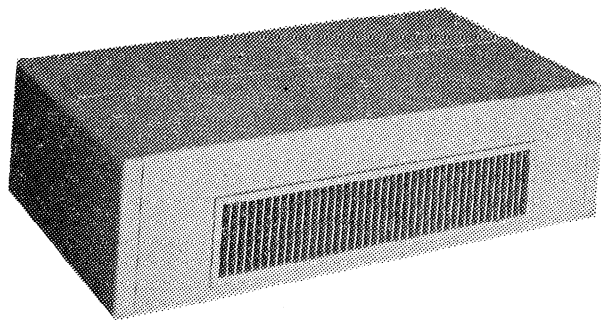


図5(b) 天井懸垂型ファン・コイル・ユニット

② ファン・コイル・ユニット方式 (Fan coil unit system)

本方式は、図5に示したように、器内に送風機、空気冷却・加熱コイル、加湿器およびエア・フィルタを一つのケーシングに納めたユニットを、各室の窓側に図6のよ

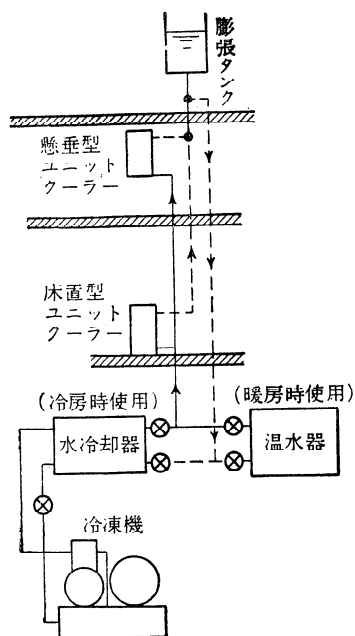


図6 ファン・コイル・ユニット方式

うに配置し、これによって調整した空気を室内に送風する方式である。夏季にはコイルに冷水（5～10℃）を通じて冷房を行ない、冬季にはボイラからの温水（70～120℃）を通して暖房することができる。普通コイルを通る空気には、室内の再循環空気のみを用いることが多いが、新鮮外気をも導入できるような構造のものもある。この方式の特徴は、つぎの通りである。

1. ダクトを必要としないから、中規模の事務所建築あるいは高層建築においてダクト・スペースの全くない場合や、既設建物に空気調和装置を追加する場合などに適している。
 2. 各室において運転制御ができるので、室数の多いホテル、アパートなどの建物に適している。
- しかしまたつぎのような欠点もある。
3. 各室毎にユニットが分割設置されているので、点検注油、エア・フィルターの交換など、維持管理が困難である。
 4. 新鮮空気の処理が不十分になり易く、したがって保健衛生上理想的な空気調和ができない。

(2)中央式空気調和方式^{2) 4) 5)} (Central system air conditioning)

中央式とは図7に示すように、空気調和に必要な主要機械を建物中の機械室にまとめて設置して、ダクトまたは配管を通じて調整された空気を各室へ分布する方式である。この方式は、空気調和の目的から考えて最も理想に近いものである。また設備費ならびに経常費の点から、大

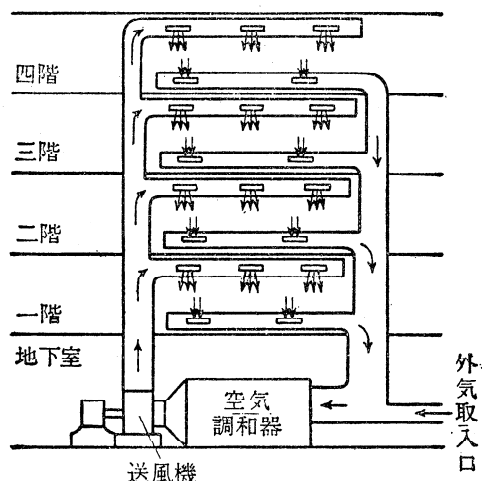


図7(a) 中央式空気調和方式

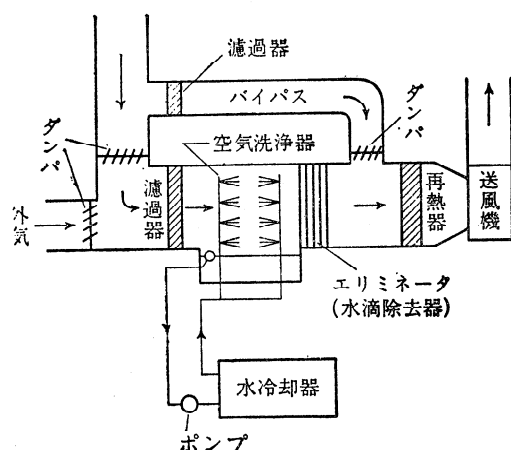


図7(b) 中央式空気調和器

規模な工場建築、事務所建築等に適している。空気調和の主要機器であるところのボイラ、冷凍機、空気浄化装置および空気調和器などの主要機器のほとんどが機械室に集中設置され、空気は機械室内で処理されて各室に配分されるので、設備費ならびに経常費は低廉ですみ、また個別式に比べて維持管理も容易である。ただし個別式に比べてダクト・スペースにかなりの気容積を必要とする欠点はさげがたい。しかし近年この点に関して、中央式に個別式の特徴を加味した折衷式が採用されつつあり、送風方法も高速あるいは高圧方法が採用されるので、ダクト・スペースの問題もかなり改善されてきたようである。

a. 単一ダクト方式^{9) 10)} (Single duct system)

この方式は、図7に示したように建物中の機械室に設

けた大容量の空気調和器によって調整した全空気を、ダクトを通じて各室へ送風し循環する方式である。再循環空気は、各室から吸入され再びダクトにより機械室に導かれ、ここで屋外から吸込まれた新鮮空気と混合し空気調和器に導入される。この方式は最も簡単な方式で、空気調和の原型となるべきものである。ゾーニングを必要としない単一目的の建物、たとえば劇場、百貨店などに採用するとき、空気調和器の数が少なくてよく、かつこれが機械室に集中できるので、設備費、経常費共に低廉でかつ維持管理も容易となる。現在においてなおこの方式は盛んに用いられており、全中央式空調方式の過半数を占めている。

この方式の最大の欠点は、送風ダクト、新鮮ダクトおよび再循環ダクトが立上りダクトとして林立し、配管にかなりの気容積を必要とすること、および機械室の気容積が著しく大きくなることである。また運転制御において負荷変動に忠実に応答させようとするには、末端風調節装置の数を多く必要とするので、熱負荷の異なるゾーンの空調がとりにくいことである。したがってホテルや病院および事務所建築には適当ではない。

b. 二重ダクト方式^{2) 6)} (Dual duct System)

単一ダクト方式の欠点として、ゾーン・コントロールがとりにくいことは、使用目的の多いホテルや、個室制御を必要とする貸し事務所建築の温調に対して、致命的な欠点ともいえる。しかしこれに対しては、温湿度条件の異なる二種類の空気を別々に送風し、使用目的に応じて個室毎にこの両者を混合して使用すれば、この欠点は解決できる。二重ダクト方式とは、このような理由から考案された空調方式であって、その原理を示すと図

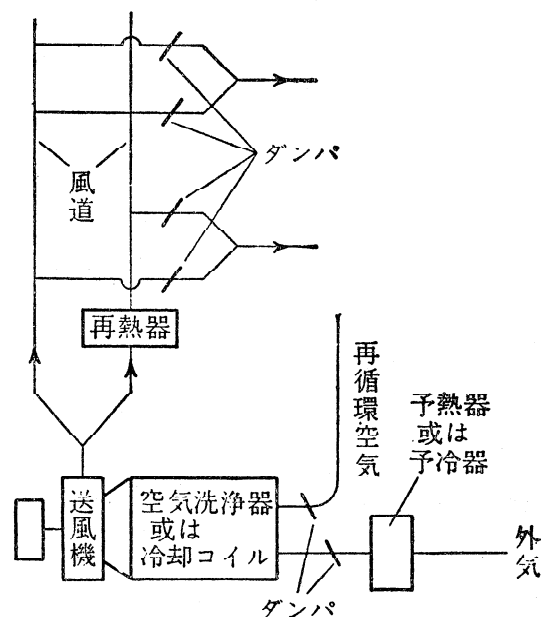


図8 二重ダクト方式

8 になる。すなわち、建物中の機械室に設置された空気調和器で温風と冷風を作り、この両者をそれぞれのダクトで送風し、室内に配置された図 9 のような混和装置 (Mixing unit) によりこの両者を各室の熱負荷に応じて混合し、室内温湿度を調整する方法である。このとき室内への吐出風量に変動が生ずることは、好ましくないで、混和装置には温冷二種空気の混合機構と風量制御機構とを兼ね備えた構造のものが使用されねばならない。この方式の特徴としては、

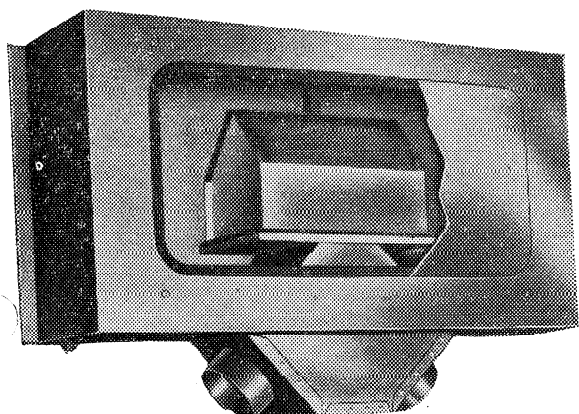


図 9 混和装置

1. 単一ダクト方式の特徴が失われていない。
2. ゾーン・コントロール、個室制御が可能であって、負荷変動に対する応答性が最もよい。
3. ユニット単位で風量制御が自動的に行われるので、建物の計画変更にも応ずることができる。

しかし欠点としては、つぎの点があげられる。

4. 全送風式であるので、ダクト・スペースにかなりの気容積を必要とすること。
5. ダクトの配管が複雑であり、その設計に高度の技術を要すること。
6. 設備費が設計の如何によっては割高となること。

しかしこの方式は、米国においてホテル、事務所建築などの高層建築の空調に目下盛んに採用されているようである。

c. 各階ユニット方式 (Step system)^{2) 7)}

ファン・コイルユニット方式の最大の欠点は、新鮮外気処理が困難で保健衛生上好ましくない点にある。また全送風式の最大の欠点は、大きなダクト・スペースを必要とする点にある。各階ユニット方式は、これらの欠点を補ない、両者の特性を生かすために考案された方式といえる。その概要を示すと図 10 のようになる。すなわち建物内の機械室には、冷凍機ボイラ等の主要機械の他に新鮮空気用の空気調和器—これを一次空気調和器 (primary air conditioner) という—のみ設置し、これを各階に分割設置した二次空気調和器 (Secondary air con-

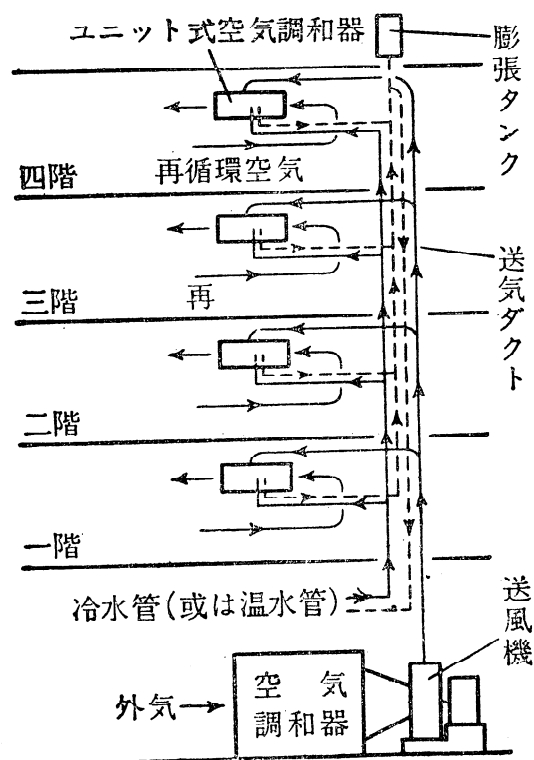


図 10 各階ユニット方式

ditioner) に分配する。したがって立上り主ダクトは新鮮外気用ダクトのみで、ダクト・スペースは全送風式に比べて大巾に減少することになる。二次調和器は各階の熱負荷に応ずる容量のものでよく、熱媒体としては冷・温水が用いられるので、設備費が安くなる。また再循環空気を廊下に通じて各ユニットに吸込まれるように

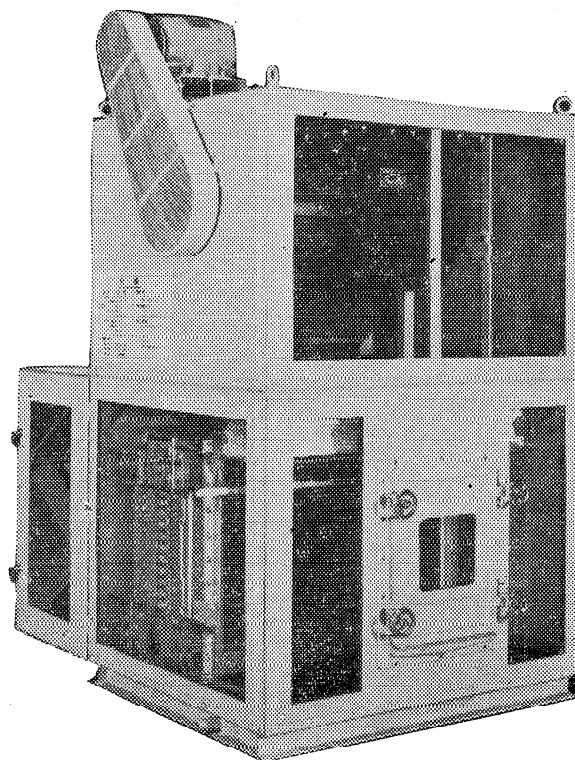


図 11 Air handling unit

すれば、横引き返りダクトをも省略できる。またこの方式では容量の異なる調和器を複数に分割して設置することより、ゾーニングが可能となる。しかしその反面、機器が各階に分割設置されるので、この設置面積を各階において解決せねばならず、また維持管理の面でも手間がかかるなどの欠点はある。わが国においては、4階以上の高層建築に好んで用いられている方式の一つである。各階空気調整器には図11に示すような大容量のファン・コイル・ユニット—これを Air handling unit と呼ぶ—前記個別式の Fan coil unit と区別している一が使用されている。

d. 一次空気方式 (Primary air duct system)

この方式は、個別式の長所を採用し、またその欠点を中央式で補ったところの折衷方式であって、年間空気調和を簡易化することを目的として考案された理想的な方式である。したがって今後高層建築において採用されると考えられる空調方式の一つである。この方式では、図12に示すように、新鮮空気は中央機械室の専用の調和器

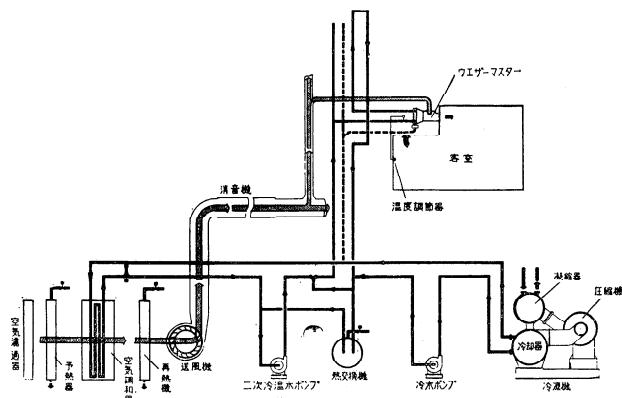


図12 一次空気方式 (ウェザーマスター方式)

で調整されて各階の必要量に応じて送風されるので、各階ユニット方式と異なり、室内における熱負荷処理の一

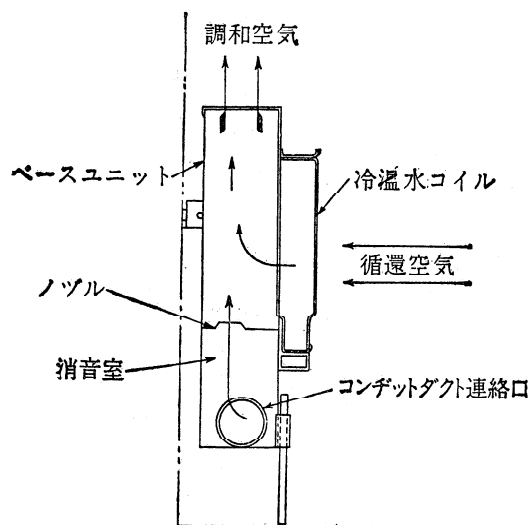


図13 ウェザーマスター二次空気誘導装置

部を一次空気で担当させることができる。この方式には、二次空気送風式と二次空気誘引式とがあって、何れの方式も広く採用されているようである。前者はファン・コイル・ユニットを用いて熱負荷を担当させる方式である。また後者は図13に示すような構造で、一次空気による二次空気誘導装置によって、室内空気を循環せしめ、それぞれ各ユニットに内蔵した空気冷却器または加熱器によって熱負荷の残りを処理させる方式である。これら両方式の得失については、しばしば論ぜられるところであるが、本文では触れないことにする。

先に述べたように、高層建築においては、外部負荷は冷房負荷の40～60%を占めるが、これは主として窓からの太陽の照射や外壁からの伝導による熱量である。またこの侵入熱量が室内温度状態に及ぼす影響は、外壁から5～10mの距離までであって、それより内部においては一応この影響は無視できるとみなされている。そこでゾーニングの一方式として、熱負荷に変動のある外側区域 (Exterior zone) と、熱負荷の安定している内側区

(Interior zone) とに分け、それぞれ別々の系統で空気調和を行なう方式がある。このようなゾーニング方式をペリメーター方式 (Perimeter system) といっている。ペリメーター方式においては、外側区域と内側区域を担当する空気調和器を分割するので、外部負荷の変動

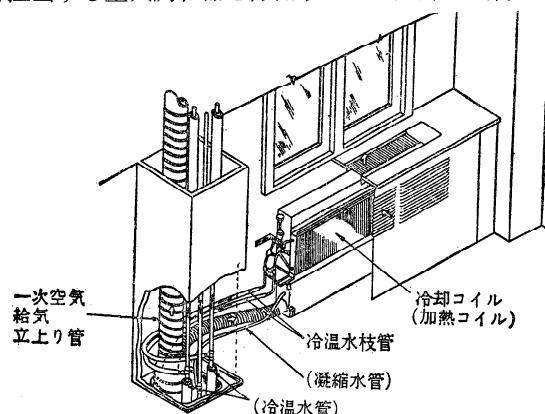


図14(a) 二次空気誘導装置によるペリメーター方式

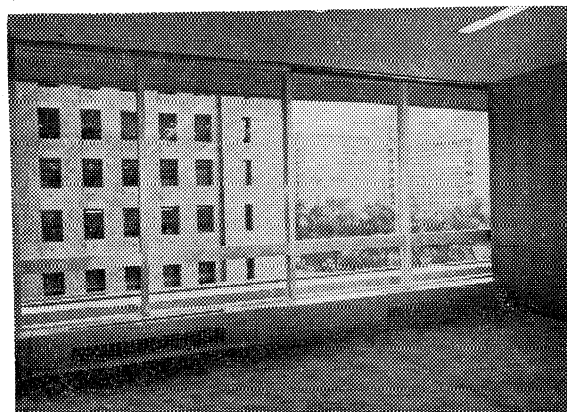


図14(b) ファン・コイル・ユニットによるペリメーター方式

による影響が建物の内側区域にまでもち込まれないので、安定した温湿度制御が可能となる。外側区域に対する吹出口としては、ファン・コイル・ユニットや誘導式ユニットを図14のように窓下に設置すればよく、また吹出し空気も外部負荷に応じた温湿度のものを送風すればよい。ファン・コイル・ユニットの場合には誘導式ユニットの場合と異なり、外側区域に所定量の新鮮空気を確保するため、冬季の加湿を行なう目的から、一次空気は全ダクト方式と同様天井吹出口からの送風を併用しなければならない。内側区域に対しては、すべて天井吹出として、できるだけ多くの吹出口と吸込口を天井に設ければ、新鮮空気の分布もよく、理想的となる。またこの方式では、外側区域の温湿度は、外部負荷に応じて制御するので、一次吹出口空気の状態を外壁からの伝熱負荷に比例して制御すれば、年間を通じて内側区域の空調は冷房とすることもできるので操作が容易となる。このような年間空調方式を None change over System といっている。今後この方式による空気調和がかなり普及すると考えられるが設備費が高価となることはさけ難いようである。

e. 輻射暖冷房方式^{2) 5)} (Radiant heating and cooling system)

この方式は床または天井にパイプ・コイル (Pipe coil) を埋込み、コイルの管内へ冷温水を通じて室内熱負荷の30~40%程度をこれによって分担させ、残りを中央式空

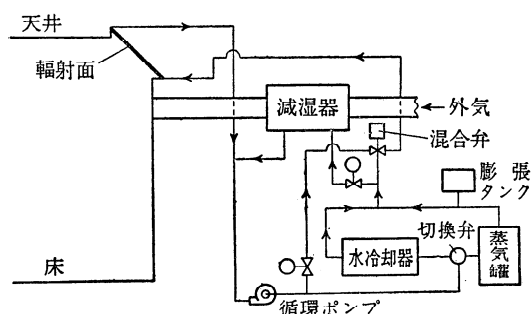


図 15 輻射面による輻射暖冷房方式

気調和装置からの送風によって処理させる方法である。図15にその一例を示す。この方式は保健衛生において、極めて好適なものであって、しかも送風ダクトが全送風式に比べて小さくてよく、かつあらゆる目的の建物にも適しているのであるが、コイルを床、天井などに埋込む関係上スラブの厚さが増し建物重量が大きくなるなど建築施工上で問題がある。したがって採用された例は少ないが、室内で発生する顕熱負荷が大きくて、かつ送風量の増加が好ましくない特殊な用途の建物に応用すれば効果があると考えられる。

4. む す び

空気調和設備について述べるためには、まず空気調和の方式からはじまって、空気浄化装置、送風装置、室内空気分布装置や温湿度調整装置の形式や性能の比較から騒音対策までおよばねばならない。しかし本文ではその第一章ともいふべき空気調和の方式の概要について、ごく簡単に紹介を試みたにすぎない。

理想的な空気調和を計画するためには、まず第一に換気すなわち室内空気の浄化につとめ、これが充分技術的に解決されて後、温湿度の調整へと進むのが原則と考えられている。この原則が忠実に守られ、かつ実施されておれば問題は生じないはずであるが、最近この方面でのトラブルが増加しているようである。その原因の大半は、計画当初の調査の不足による設計の誤りによるものであるが、その他に施主側の空気調和に対する知識の不足から施工途上で設計の変更を余儀なくされた場合も多いようである。しかし空気調和本来の目的をまげてまで施主側の意向に迎合することは厳に慎むべきことである。このような現状にあつて、この一文が空気調和の計画の一助ともなれば幸である。

終に資料を提供下さった東洋キャリア工業株式会社および新晃工業株式会社に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 守安虎治, 空気調整工学, (昭32), 8, 技報堂.
- 2) 長岡順吉, 暖冷房及び換気, (昭33), 27-38, 旺立出版,
- 3) 藤岡宏 (空気調和・衛生工学会編), 空気調和衛生設備の基礎知識, (昭38), 79, 空気調和・衛生工学会.
- 4) 中村平 (空気調和・衛生工学会編), 空気調和衛生設備の基礎知識, (昭38), 94, 空気調和・衛生工学会.
- 5) 井上宇市, 空気調和ハンドブック, (昭31), 76-86, 丸善.
- 6) 新晃工業株式会社技術企画部, 空調工業, 1-2 (昭38-11), 119-123.
- 7) 鈴木二郎, 空調工業, 1-2 (昭38-11), 44-54.
- 8) 湯瀬正輔, 空調工業, 1-2 (昭38-11), 108-113.
- 9) ASHVE, Guide, (1951), 615-630.
- 10) Carrier Cherne Grant, Modern Air Conditioning Heating & Ventilating, (1950), 360-384, Pitman.