

教育用空調設備システムの運転

1．空調の定義（参考文献 [5], p.214）

「空調」はもともと「空気調和」という言葉の略で、英語では Air Conditioning ということから「エアコンディショニング」とか、略して「エアコン」などとも呼ばれている。

空調は対象とする空間の空気の

温度 湿度 清浄度 気流分布

を、その空間内で要求される値に合うように、同時に処理するプロセス、と定義されている。上にあげた四項目を空調の四要素という。最近では、この四要素のほかに、放射や圧力なども空調に制御対象として含むことがある。

清浄度とは空気中に含まれる人体に有害な物質やじんあい、微生物、製品の品質・性能に影響を与えるような物質などの濃度を、規定された値以下に保つことを意味に、そのために除じん装置や脱臭装置を空調設備に取り付けたり、あるいは別に換気装置を設置することもある。

気流分布とは、空調することによって室内を循環する空気の速度や方向を人体に快適感を与えるような状態に保ったり、あるいは製造過程中の製品に吹き付ける気流速度を制御することによって、製品の製造速度や品質を制御することなどを目的とする。

2．空気調和設備の構成

空調設備は、次ページの図に示すように冷温熱を製造する熱源システム、空調機を中心とし室内の熱処理を行う空調システム、空調システムに熱を運ぶ搬送システム、およびそれらを調整する制御システムからなる。その目的は、室内の温度、湿度、気流、清浄度、放射環境を適切に維持することである。

・熱源システム（熱源設備）:

空調設備全体の熱負荷を処理するための設備で、冷凍機、ボイラを主体とし、冷却塔、冷却水ポンプ、給水設備、配管などの付属設備がある。

・空調システム（空調機設備）:

空調対象空間に送るために温湿度などを調整した空気をつくる設備で、空気の冷却・減湿器、加熱器、加湿器、エアフィルタ（空気ろ過器）および送風機を一体のケーシング（枠）に納めたもの。全体として空気調和機とか空調機、あるいはエアハンドリングユニットとよ

ばれることもある。

・搬送システム（熱搬送設備）:

熱源設備と空調機設備の間で冷温水，蒸気，冷媒などを搬送・循環させるためのポンプ - 配管系（蒸気のようにポンプを必要としない場合もある）と，空調機設備と空調対象空間との間で空気を循環させ，あるいは外気を取り入れるための送風機 - ダクト系をいう。

・制御システム（自動制御設備）:

上記 3 設備を，全体として要求される空調条件を満足するように保持・運転するために，自動的に制御する設備で，空調設備全体の運転・監視などの中央管制設備をも含むことが多い。

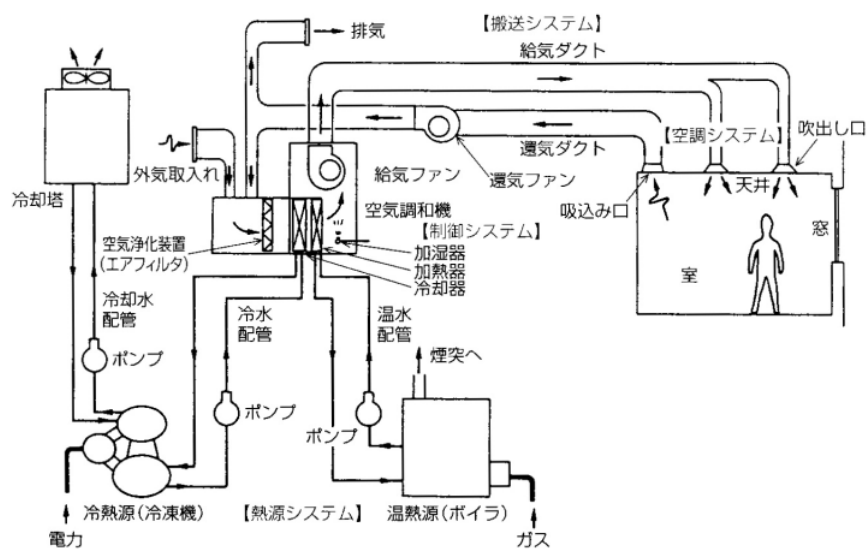


図 空気調和設備の構成（出典：参考文献 [5], p.256）

3．教育用空調設備システムの概要（配布資料 87 ページを参照。）

空調器	冷房能力：	1,370kcal/h
	暖房能力：	1,720kcal/h
	冷却コイル：	プレートフィンコイル
	除湿コイル：	プレートフィンコイル
	電気加熱器：	1 200V 2 kW
	送風機：	シロッコファン 風量 405m ³ /h 1 100V 0.1kW
	加湿器：	パン型 1.2l/h 3 200V 1 kW
	付属品：	電子膨張弁 × 2，蒸気圧力調整弁 × 2，キャピラリーチューブ × 2

冷凍機	冷凍能力：	1,370kcal/h (ET-5)
	圧縮機：	3 200V 0.6kW
	形式：	空冷，横型ロータリー式
	内蔵品：	受液器，アキュムレーター，油分離器，圧力計
制御盤：		壁掛式，500W×700H×350D
付属品：		風量計（エアロアイ）150 × 2

4．空気調和機（エアハンドリングユニット）

空気調和機（空調機，エアハンドリングユニット）は，空気冷却器（冷却コイル），空気加熱器（加熱コイル），加湿装置，エアフィルタなどより成り，室内の熱負荷を処理し，空気を清浄に保つ。

なお，送風量の 25～35%の外気（outdoor air または新鮮空気，fresh air ともいう）を取り入れ，室からの返り空気に混合して送風する。この外気は，室内の人員の呼吸，臭気や煙草の煙などで汚染された室内空気を更新する。

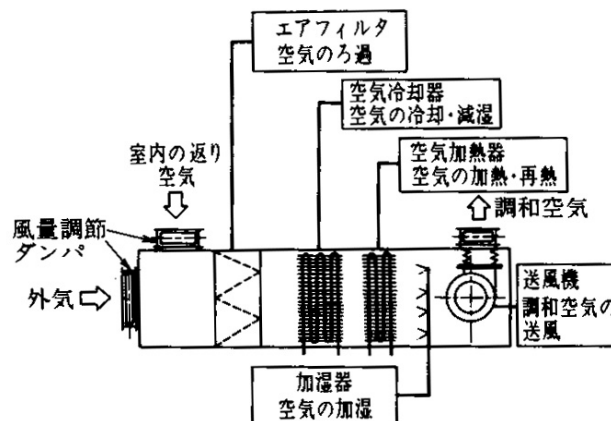


図 空気調和器の機能（出典：参考文献 [2] , p.20）

（ 1 ）エアフィルタ

空気を清浄にするために，粉じん（ほこり）などを取り除く。静電式，ろ過式，衝突粘着式，吸着式，吸収式などの方式がある。

教育用空調設備システムには，外気取り入れ口と戻り空気取り入れ口にフィルターボックスが取り付けられている。

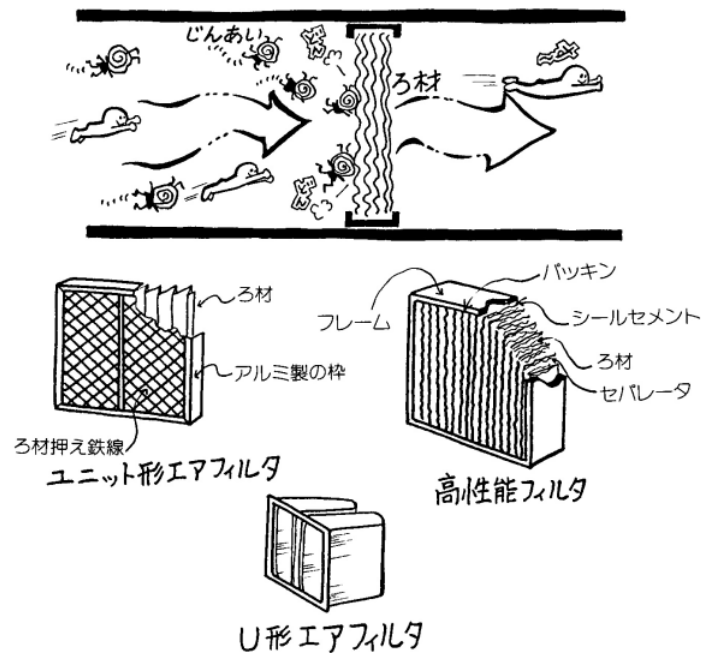


図 エアフィルタの概念と様々なエアフィルタ（出典：参考文献 [3], p.89）

（ 2 ）空気冷却器

器内（コイル内）を通る冷媒と，器外を通る空気とを熱交換（冷媒によって空気より吸熱し，空気を冷却させ冷風とする）する機器。

空気の冷却効率を高めるため，銅管の周囲に銅製またはアルミ製の多数のフィンを取付けたプレート状に取り付けたプレートフィン型がよく用いられる。ほかに，フィンを螺旋状に取り付けたエロフィン（リンクルフィンともいう）型などがある。

教育用空調設備システムの場合も，プレートフィン型の冷却コイルを用いている。ただし，銅管を流れるのは，冷水ではなく冷媒（代替フロン）である。

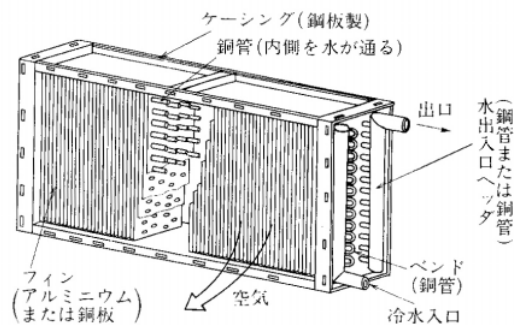


図 プレートフィン型空気冷却器（冷用水用）（出典：参考文献 [4], p.248）

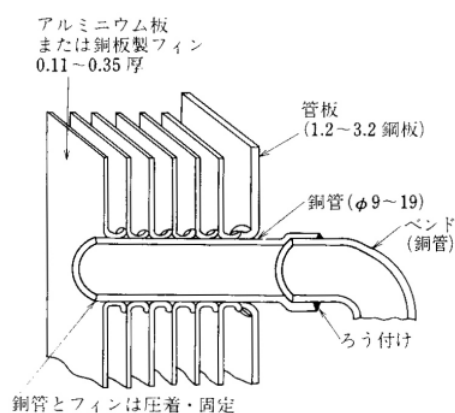


図 プレートフィン管の構造（出典：参考文献 [4], p.248）

また，空気冷却器を暖かい空気が通過するとき，急冷却されて結露し，空気中の水分が水滴として分離され，冷却器に付着し，落下していくため，空気冷却器は減湿の機能も兼ねている。

ただし，教育用空調設備システムでは，加湿と減湿を制御（設定値より湿度が高くなれば除湿器を作動させ，設定値より湿度が低くなると加湿器を作動させる）するために，別に除湿コイルを備えている。この除湿コイルも冷却コイルと同じようにプレートフィン型である。

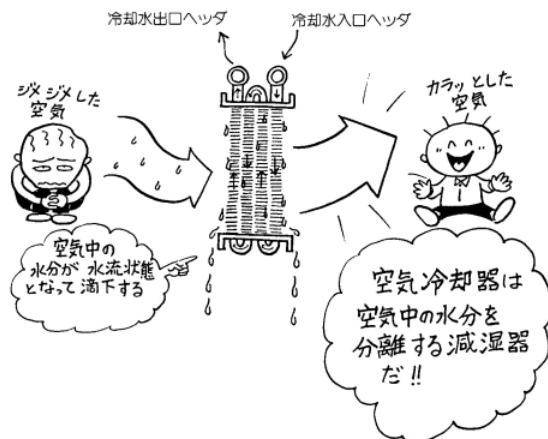


図 空気冷却器の減湿機能（出典：参考文献 [3], p.93）

(3) 空気加熱器

器内（コイル内）を通る熱媒と，器外を通る空気とを熱交換（熱媒によって空気を加熱し，熱風とする）する機器。空気加熱コイルや加熱コイルとも言い，下の表のように 4 種類がある。

構造は，空気冷却器とほぼ同じ。特に，冷媒として温水を用いる場合は，冷水用の空気冷却器と全く同じ構造として，共用される（冷房時には冷水を，暖房時には温水を流す）ことが多い。

教育用空調設備システムの場合は，空気加熱器として，電気加熱器を用いている。ただし，「ヒートポンプ」運転をさせる際には，冷却コイルを加熱コイルとして用いることができるように設計されている。

表 空気加熱コイルの種類（出典：参考文献 [1] , p.292）

温水コイル	温度 40～60℃ の温水を管内に通すもので，自動制御弁による流量制御または温度制御を行う。冷水コイルと兼用する場合が多く，これを冷温水コイルとよぶ。
蒸気コイル	管内に 0.1～2.0 atg の蒸気を通す。列数は温水コイルより少なくなる。
冷媒コイル	ヒートポンプを用い，空気側コイルを空冷式コンデンサとし，冷媒の凝縮熱量を空気に与える。設計法は 5.7 参照。
電熱コイル	管の中心に電熱線があり，この周囲にマグネシアなどの絶縁材を詰めたもの（シーズヒータ）を用い，これにフィンを設ける。小形パッケージあるいは恒温室の再熱器として用いられる。

(4) 加湿器

空気中に水分を供給する装置。下の表のように多くの種類がある。

このうち蒸気式加湿器は，水を加熱して発生した蒸気を空気中に直接スプレーする方式で，無菌で不純物も少なく制御性も良いので，一般ビルや工場空調などの広い範囲で使用されている。

表 加湿器の種類（出典：参考文献 [5] , p.522）

方 式	構 造・原 理	概 略 図	
蒸気式	ノズル式	生蒸気の飽和蒸気をノズルより噴射する。	
	蒸気拡散管式	絞り現象を利用して飽和蒸気を過熱蒸気に変えて噴射する。	
	蒸気発生式	電熱コイル，電極板，赤外線灯などで，水を加温蒸発させる。	
気化式	回転式	水を含ませた給湿エレメントを回転させ蒸発させる。	
	毛细管式	吸水性の高い繊維に毛细管現象によって水を含ませ蒸発させる。	
	滴下式	給湿エレメントに水滴を落として水を含ませ蒸発させる。	
水噴霧式	高圧噴霧式	ポンプで水の圧力を上げて，小孔径ノズルから噴射する。	
	超音波式	高周波振動で水を霧化する。	
	遠心式	モータにより円盤を高速回転し，遠心力により水滴を霧状にする。	

教育用空調設備システムでは、蒸気式加湿器の一種で、水の入った皿（パン）に電熱器を挿入したパン型加湿器を用いている。

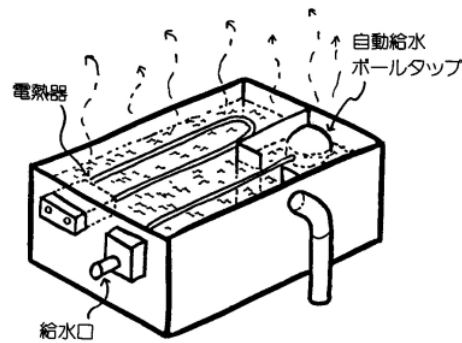


図 パン型加湿器（出典：参考文献 [3], p.97）

（ 5 ）送風機

軸に取り付けられた何枚かの羽根、いわゆる羽根車を電動機（モーター）によって回転させ、空気を送り込み、圧力を与えて送り出す機械。

表 送風機のいろいろ（出典：参考文献 [3], p.145）

種 類	羽根形状	特 性	性 能				比 較 大きさ	用 途
			風量 (m^3/min)	静圧 (mmAq)	効率 (%)	比騒音		
遠 心 式 送 風 機	多翼型 (シロッコファン)	圧力曲線に凹部があり、動力曲線も凹型、抵抗の変化に対して風量・動力の変化大きい、運転静粛	10 ? 2800	10 ? 125	45 ? 60	35 ? 40	100%	換気・空調用 (低速ダクト)
	後曲翼型 (ターボファン)	高回転・高圧・高能率・動力曲線凸形でオーバロードしない、抵抗に対し風量・動力の変化比較的少ない	20 ? 3000	100 ? 250	70 ? 80	55 ? 65	112%	空調送排風用 (高速ダクト)
	リバース翼形 (リミットロードファン)	ターボとほぼ同様、動力曲線のリミットロード性いちじるしい	100 ? 3000	10 ? 150	55 ? 65	40 ? 45	175%	空調用(中規模低速ダクト) 工場換気用
	翼形 (エアホイelfan)	圧力曲線の山が風量40%ぐらいにあり、ターボとほぼ同様	100 ? 3000	125 ? 250	70 ? 85	25 ? 30	128%	空調用 (高速ダクト)
	翼流形 (クロスフローファン)	圧力曲線は凸形、多翼形とほぼ同様	3 ? 20	0 ? 8	40 ? 50	30	200%	ファンコイルユニット、エアカーテン、サーキュレータ用
軸 流 式 送 風 機	プロペラ形 (大形は可変ピッチ)	圧力上昇は小さく、右下り。圧力・動力は風量0で最大、抵抗に対し風量動力の変化は少ない	20 ? 500	0 ? 10	10 ? 50	45	88%	ユニットヒータ換気扇、小型冷却塔用
	チューブ軸流式	ペーン付に比べて圧力上昇は小さく、ほぼ同様	500 ? 5000	5 ? 15	55 ? 65	45	98%	局所換気、大形冷却塔用
	ペーン軸流式	圧力曲線は急斜傾で山と谷あり動圧大、動力は風量0で最大、計面風量をはずれると効率急減少	40 ? 1000	10 ? 80	75 ? 85	40	98%	局所換気用

注) 上の表の風量の単位が [m^2/min] となっているが、正しくは [m^3/min] である。

教育用空調設備システムでは、シロッコファンが取り付けられている。このシロッコファンの風量は $405\text{m}^3/\text{h} = 6.75\text{m}^3/\text{min}$ であるので、かなり小さい方である。

本来、シロッコファンは、小型で大容量を扱うことができるので、効率がそれほど良くないにも関わらず、省スペースのことを考えて、建築設備によく用いられている送風機である。

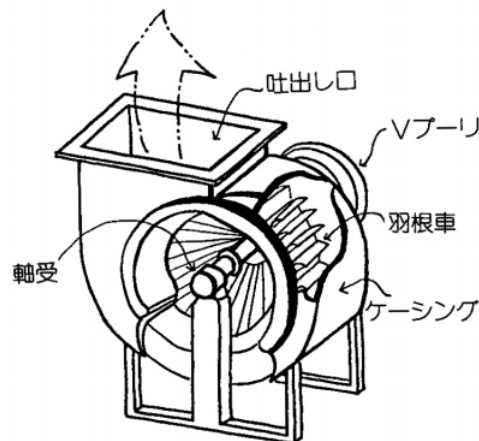


図 多翼送風機（シロッコファン）の仕組み（出典：参考文献 [3], p.149）

5．湿り空気線図上での空調プロセスの表現（出典：参考文献 [6], pp.176～177）

室内の温熱環境を快適な状態に保つには、空気を加熱、冷却、加湿、除湿、混合するといった操作が必要となる。これらの個々の操作を単位操作という。

（1）加熱・冷却

コイルなどを用いて行なわれる空気の加熱・冷却とは各々、乾球温度を上昇・低下させることである。顕熱のみの変化で、水蒸気量の変化はない。加熱の場合、空気線図上では次ページの図の の方向へ、冷却の場合は の方向への水平移動を意味する。加熱・冷却に要する顕熱量は、乾球温度差に湿り空気の定圧比熱 ($1.006 + 1.805 x_1$ [$\text{kJ}/\text{kg}\cdot$]) を乗じて求める。

$$\text{加熱時} \quad (h_2 - h_1) = (t_2 - t_1)(1.006 + 1.805 x_1)$$

$$\text{冷却時} \quad (h_3 - h_1) = (t_3 - t_1)(1.006 + 1.805 x_1)$$

(2) 加湿・減湿

空気の加湿・冷却とは，空气中的水蒸気量を増加・減少させることである。乾球温度は変化しないため空気線図上では加湿の場合は下図の へ，除湿の場合は の方向へ垂直移動することを意味する。比エンタルピー（潜熱量）の変化は絶対湿度の変化量に蒸発潜熱と水蒸気の定圧比熱を乗じればよい。

$$\text{加湿時} \quad (h_4 - h_1) = (x_2 - x_1)(2501 + 1.805 t_1)$$

$$\text{除湿時} \quad (h_5 - h_1) = (x_3 - x_1)(2501 + 1.805 t_1)$$

実際には乾燥温度を変化させずに除湿することは困難である。そこで空気を露点温度まで冷却して不必要な水蒸気を結露水として除去し，その後加熱し直す（再熱）という操作を行なうのが一般的である。

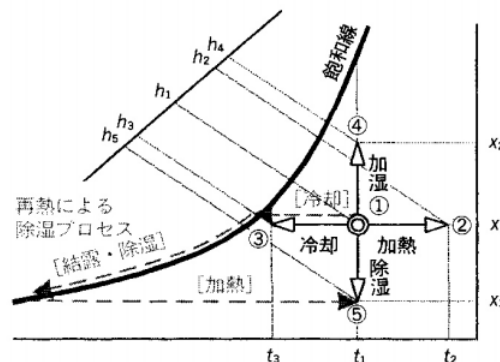


図 単位操作の空気線図上での表現（出典：参考文献 [6] , p.177）

(3) 混合

空気の混合とは，比エンタルピーの異なる空気を混ぜ合わせる操作である。完全一様に混ぜり合うことを仮定し，空気 a と空気 b を 2 : 3 の割合で混合してできる空気 c の状態量を考える。温度差分（顕熱）と水蒸気差分（潜熱）を別々に考えるとわかりやすいであろう。すなわち熱い空気 b と冷たい空気 a を混ぜると，混合割合の多いほうに近い中間の温度になる。また湿った空気 b と乾いた空気 a を混ぜると，混合割合の多いほうに近い中間の湿度になる。空気線図上では空気 a と b を直線で結び，b の側から 2 : 3 で分割した点が空気 c の状態値となる。空気 c の比エンタルピーを計算で求めると，

$$h_c = \frac{2}{2+3} h_a + \frac{3}{2+3} h_b$$

となる。絶対湿度，乾球温度も同様にして求められる。なお，厳密には乾球温度については近似式となるが，実用上は問題ない。

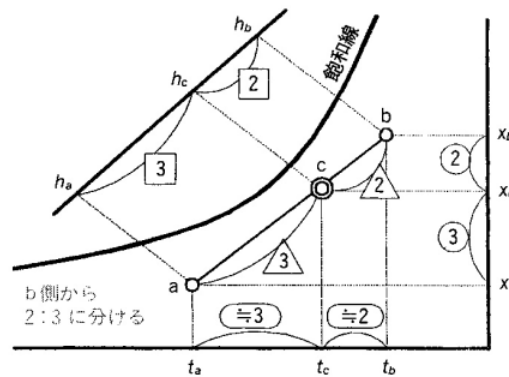


図 空気の混合（出典：参考文献 [6], p.177）

（ 4 ）バイパスファクター（by-pass factor, 略記 BF）

加熱・冷却・除湿といった単位操作は，空調機内のコイルに空気を接触させて行なう。しかし，すべての流通空気をコイルに接触させ，完全に熱交換することはむずかしい。便宜的に，完全にコイルと接触して熱交換した空気と，完全に素通りした空気を仮定し，コイルに接触する割合をコンタクトファクター(略記 CF),素通りする空気をバイパスファクター($BF = 1 - CF$)と呼ぶ。空調機の熱交換効率と見ることができ，混合操作時の空気量の比に相当する。

6 . 冷凍機とヒートポンプ

冷凍機とは，空気調和や生鮮食品の冷蔵・冷凍を目的として冷熱を製造するものである。物質を冷却するには，そこから熱を奪うための装置が必要であり，この装置の主役が冷凍機である。その際，熱を奪うために，気化熱（蒸発潜熱）を使っている。大きく分けると，圧縮式冷凍機と吸収式冷凍機がある。

教育用空調設備システムの場合は，圧縮式冷凍機を用いている。

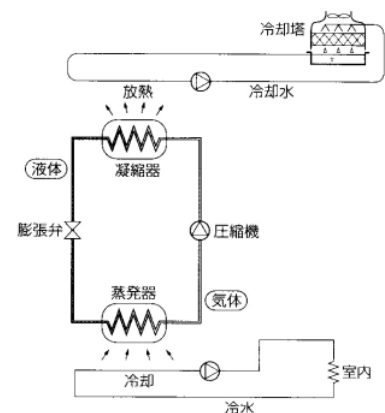


図 圧縮式冷凍機のしくみ

（出典：参考文献 [5], p.500）

ヒートポンプとは（普通のポンプのように）熱を低いところから高いところに持ち上げる機能を持つため、流体のポンプを模してこの名が付いた。

冷凍機は冷却を目的に冷凍サイクルを用いて低温部から高温部に熱を運ぶが、この熱を運ぶ機能を用いて例えば室外の大気から熱を奪い、その熱（高温側を）を室内の暖房に使用することができるシステムがヒートポンプである。

ヒートポンプは基本的には冷凍機と同様な冷凍サイクルで構成されている（下図参照）。熱をくみ上げる部分が蒸発器、高温部が凝縮器になる。熱をポンプのようにくみ上げることによって、熱を集めたり、より高温の水が製造できることにより、いままで使うことのできなかった低温度の熱が有効に使えるようになる。

ヒートポンプは基本的には圧縮式冷凍機や吸収冷凍機と同じ冷凍サイクルであり、ヒートポンプにも圧縮式ヒートポンプ、吸収ヒートポンプがある。

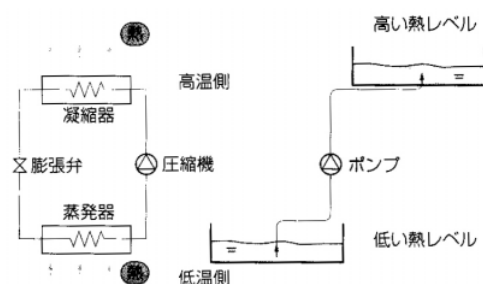


図 冷凍サイクルとヒートポンプ（出典：参考文献 [5], p.502）

冷房と暖房のサイクルを変えるには、下図のように四方弁と呼ばれる切換弁を用いて、冷媒の流れを逆にする。

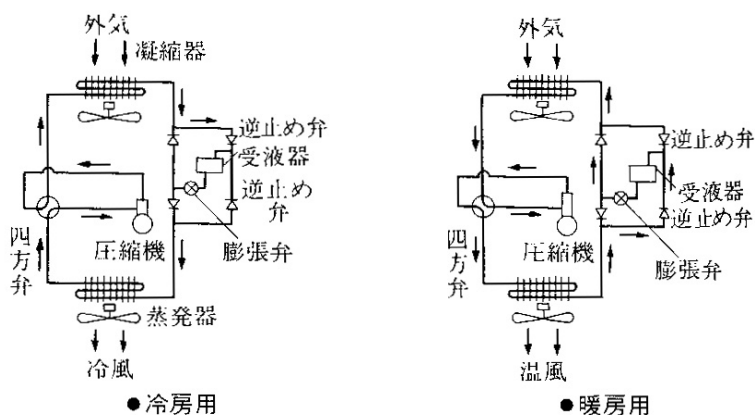


図 空気熱源ヒートポンプの冷房・暖房サイクル（出典：参考文献 [6], p.190）

7. 参考文献

- [1] 『改訂 4 版 空気調和ハンドブック』（井上宇市，丸善，1996 年 1 月，¥4,410，ISBN：4-621-04123-1）〔開架 2，528.2111 57，000216404，0000216416，0000216417〕
- [2] 『建築環境工学実験用教材 II 建築設備計測演習編』（日本建築学会編，日本建築学会，1982 年 4 月，¥1,470，ISBN：4-8189-0151-2）〔開架 2，525.1111Ke 41112，0000249210〕
- [3] 『イラストでわかる空調の技術』（中井多喜雄，学芸出版社，1991 年 12 月，¥2,940，ISBN：4-7615-2085-X）〔開架 2，28.2111N 34，000236326〕
- [4] 『第 13 版 空気調和・衛生工学便覧 2 汎用機器・空調機器篇』（空気調和・衛生工学会編，空気調和・衛生工学会，2001 年 11 月，¥14,000，ISBN：4-87418-028-0）〔参考 2，528.2111Ku 28112，000263378〕
- [5] 『コンパクト版 図解 空調・給排水の大百科』（空気調和・衛生工学会編，オーム社，1999 年 11 月，¥8,925，ISBN:4-274-10249-1）〔開架 2，528.2111Ku 280000236021〕（ただしコンパクト版ではない）
- [6] 『建築設備学教科書 新訂版』（建築設備学教科書研究会編著，彰国社，2002 年 4 月，¥3,780，ISBN：4-395-00614-0）〔開架 2，528111Ke 41，000275623〕

8. 参考 URL

- [1] 講義資料のダウンロード

<http://www.pu-kumamoto.ac.jp/~m-tsuji/kougi.html/ikkenn.html/kyojikkenn.html>

質問は，

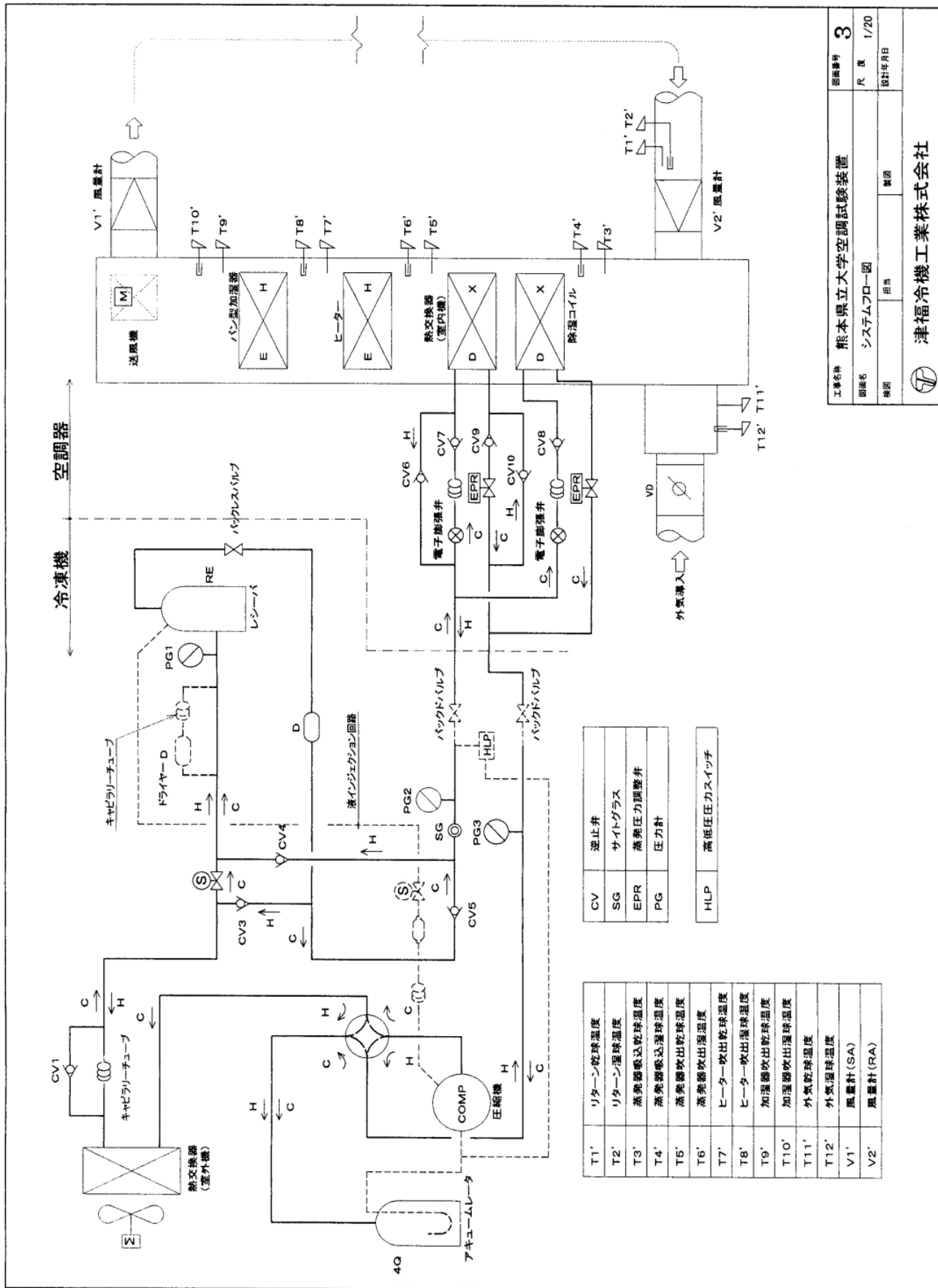
辻原研究室（環境共生学部棟旧棟（生活科学部棟）4 階西南角）まで

（電話：096-383-2929（内線 492），E-mail：m-tsuji@pu-kumamoto.ac.jp）

もしくは，

岡本助手室（環境共生学部棟旧棟（生活科学部棟）4 階南側中央付近）まで

（電話：096-383-2929（内線 482），E-mail：okamoto@pu-kumamoto.ac.jp）



CV	逆止弁
SG	サイトグラス
EPR	蒸発圧力調整弁
PG	圧力計

HLP	高圧圧カススイッチ
-----	-----------

T1'	リターン乾燥球温度
T2'	リターン湿球温度
T3'	蒸発器吸込乾燥球温度
T4'	蒸発器吸込湿球温度
T5'	蒸発器吐出乾燥球温度
T6'	蒸発器吐出湿球温度
T7'	ヒーター吐出乾燥球温度
T8'	ヒーター吐出湿球温度
T9'	加湿器吐出乾燥球温度
T10'	加湿器吐出湿球温度
T11'	外気乾燥球温度
T12'	外気湿球温度
V1'	風量計(SA)
V2'	風量計(RA)

工事名称	熊本県立大学空調試験装置	図面番号	3
図面名	システムフロー図	尺 寸	1/20
棟別	相模	設計年月日	
	担当	製図	
津福冷機工業株式会社			