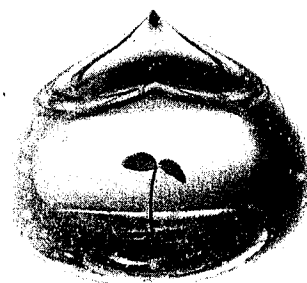


設計者のための

# ヒートポンプ 空調・給湯システムの 実務知識

社団法人 建築設備技術者協会 編



# はじめに

本書の題に「設計者のための」という言葉をおいたのは、本書が社団法人 建築設備技術者協会編ということからもわかるように設備技術者、特に設備設計者を意識したからに他ならない。これまでもヒートポンプに関する著書は数多く出版されているが、設備設計者を対象とした本はこれまで無かったと言っても過言ではあるまい。もちろん、本書も第1章には「基礎編」としてヒートポンプの原理や効率、圧縮機の種類や地球温暖化問題で注目されている冷媒の種類と規制に関する動向にも触れている。また、近年のヒートポンプ（冷凍機）の飛躍的な効率向上がどのような要素技術によってもたらされているかについても記述した。

こうした基礎的な知識は設計者にとって非常に重要である。なぜならヒートポンプをうまく利用するためにはこうした基礎的な知識を持っている必要があるからである。たとえば、ボイラーであればその温水温度（蒸気の場合もあるが）による効率の変化は小さいが、ヒートポンプにおいてその温水温度は効率に直結している。基礎編からわかることは、ヒートポンプ（冷凍機）にとっては、冷水温度が高いほど、温水温度が低いほど効率は上昇する。また冷水発生の際、水冷機の冷却水温度や空冷機の空気温度はその効率にかなりの影響を与える。温水発生の際は逆に水熱源の場合はその水温が高いほど、空気熱源の場合もその空気温度が高いほど効率は上昇する。こうした性能はその原理から導き出されるものであり、冷水温度や冷却水温度、温水温度などは設計者の設計の範囲であるため、システム全体の効率はその設計にかかっていると言っても過言ではない。つまり輻射暖房によって温水温度を下げて効率を向上させたり、冷却塔を大きめにすることにより冷却効率を向上させたりすることができるのである。

第2章では「設計と施工」に関して記述している。ヒートポンプはその当初、セントラル空調システム用として開発されたが、その技術の発展過程でフロン等の冷媒と水や空気との熱交換による個別分散式空調システムにも適用され、大きな発展を遂げた。近年は中小規模の建物だけでなく数万 m<sup>2</sup> を超える大型の建物にまでこうした個別分散式の空気調和機が採用されるようになってきた。しかし、こうした個別分散式ヒートポンプに関して、設計者は機種を選定するだけのカタログ技術者となりがちなため、近年この方式の特質や問題点を十分把握する必要に迫られている。そこで、本書ではこの個別分散式ヒートポンプについてもかなりのページを割き、その特質と外気処理や加湿、ドレンなどに関する設計上の留意点、設計例等を数多く盛り込んだ。

本書でも各所に引用されている「財団法人 ヒートポンプ・蓄熱センター」は、当初「財団法人 ヒートポンプ技術開発センター」という名称であったが、後に「蓄熱」という文字を追加した。この文字は、ヒートポンプの性能をより一層引き立てるために、蓄熱技術を併用すると効果的だと言う技術的な問題から付け加えられたものである。ヒートポンプは冷熱を製造するとともに温熱も製造できるユニークな機能をもっている。つまり、7°C の

冷水を製造しながら 45°C の温水も製造できるのである。ただし、ヒートポンプだけではこの冷温水を同時にしか利用できない。冷熱と温熱が同時に必要となることはまれであり、ここに「蓄熱」という供給と需要の時間差を埋める機能が必要となるのである。ヒートポンプと蓄熱をうまく組み合わせることにより、効率的に冷熱と温熱を製造し、利用することができるのである。

こうしたヒートポンプや蓄熱技術は多くの発展形のシステムを生んできた。その一つは輻射冷暖房である。輻射を利用する冷暖房は冷水温度は高め、温水温度は低めというヒートポンプにとって理想的な要素をもっている。また、ヒートポンプ技術の発展に伴い、それほど効率を落とさなくても高温の温水を発生させることができるようになり、現在、ヒートポンプによる給湯が注目を集めている。ヒートポンプによる給湯はその性能と価格のバランスから貯湯槽を必要とする。これはとりもなおさずヒートポンプと蓄熱技術の組合せといえ、家庭用をはじめとして「エコキュート」の名前で親しまれている。本書はこうした空調システムや給湯システムに関して、その考え方や設計方法を述べるだけでなく、豊富な実例を同時に盛り込んでいる。これは、理論から計算するのではなく、好事例にならって設計を進めるのも良い方法だと考えたからである。ヒートポンプはまた、全く新しい概念のシステムへの応用も始まっている。潜熱・顕熱分離空調システムや地中熱利用空調・給湯システムである。こうした新技術に関しても最新情報を盛り込んでおり、応用技術へのアプローチを容易にしている。

第3章では、設備設計のバイブルとなっている国土交通省大臣官房官庁営繕部設備・環境課監修の「建築設備設計基準」(平成18年版)からヒートポンプと蓄熱に関する部分を抜粋し、詳細な解説を加えている。この章は大変実用的であり、すぐにも官公庁建物だけでなく一般の建物にも活用できる内容となっている。この部分は、本文に関して社団法人 公共建築協会殿の多大なるご協力を得るとともに、解説に関しては財団法人 ヒートポンプ・蓄熱センター殿の貢献するところが大きい。

第4章では「空気調和機の性能評価法」に関して解説をしている。これまで定格値のみで評価されていた熱源機器や個別分散方式の空気調和機の期間にわたったエネルギー消費を評価する方法に関して JIS やアメリカの基準をもとに解説している。同じ環境をできるだけ少ないエネルギーで実現することは絶対真理であり、今後もこうした期間エネルギー消費に関する評価法が発展していくことと思われる。

最後に、各章はその分野で現在、最も活躍されている方々に執筆願った事もあり充実した内容となっているものと自負している。各執筆者にここで謝意を表する次第である。

2010年4月

柳原 隆司

# 目次

## 1章 ヒートポンプの基礎

1.1	ヒートポンプの原理	1
1.1.1	揚水発電とヒートポンプの類似	1
1.1.2	冷熱の発生原理	1
1.1.3	ヒートポンプ回路	2
1.1.4	ヒートポンプのCOP	2
1.2	圧縮機の種類	4
1.2.1	往復圧縮機	4
1.2.2	ロータリー圧縮機	5
1.2.3	スクロール型圧縮機	6
1.2.4	スクリュウ圧縮機	6
1.2.5	遠心圧縮機	7
1.3	冷媒の種類と規制	8
1.3.1	冷媒の種類	8
1.3.2	冷媒に関する環境規制	9
1.3.3	自然作動媒体	10
1.4	ヒートポンプの種類と運転	12
1.4.1	熱源による分類	12
1.4.2	ビル空調におけるヒートポンプシステム	12
1.4.3	ヒートポンプの運転	13
1.4.4	夜間電力の有効な利用	13
1.5	ヒートポンプの要素技術	15
1.5.1	圧縮機	15
1.5.2	熱交換器（凝縮器、蒸発器）	15
1.5.3	膨張機構	17
1.5.4	その他の効率向上の要素	17

## 2章 ヒートポンプ空調・給湯システムの設計と施工

2.1	個別分散式ヒートポンプ	19
2.1.1	個別分散式ヒートポンプの分類	19
2.1.2	ビル用マルチエアコンのバリエーション	19
2.1.3	室内機のバリエーション	21
2.1.4	負荷計算、機種選定上の留意点	22
2.1.5	個別分散式によるシステム計画のポイント	25
2.1.6	外気処理について	28

2.1.7	加湿について	30
2.1.8	室内機の配置	33
2.1.9	センサー位置	35
2.1.10	ドレーンとドレーン配管の選定について	35
2.1.11	隠蔽型室内機の吹出口について	37
2.1.12	ビル用マルチエアコンの代表的かつ一般的な機能	38
2.1.13	特殊用途用ビル用マルチ室内機	38
2.1.14	個別分散式ヒートポンプの設計例	39
	(1) オフィスビル～空冷式ビル用マルチエアコン～	39
	(2) 老人ホーム～セパレートエアコンとビル用マルチエアコンの組合せ～	42
	(3) 体育館	42
	(4) クリーンルーム	43
	(5) 潜熱・顕熱分離空調システムの設計～DESICA システムの機種選定～	44
	(6) オフィスビル C	46
	(7) オフィスビル D	46
<b>2.2</b>	<b>セントラル式ヒートポンプ</b>	<b>47</b>
2.2.1	熱負荷計算上の留意点	47
2.2.2	ヒートポンプの使い分け	52
2.2.3	蓄熱式空調システム	56
2.2.4	設計例	62
	(1) オフィスビル	62
	(2) ショッピングセンター	67
	(3) 商業施設	71
	(4) 医療施設	75
	(5) 宿泊施設	80
	(6) 工場	84
<b>2.3</b>	<b>ヒートポンプによる放射冷暖房</b>	<b>89</b>
2.3.1	放射冷暖房とは	89
2.3.2	負荷計算上の留意点	92
2.3.3	設計例	94
	(1) 事例 1	94
	(2) 事例 2	97
<b>2.4</b>	<b>ヒートポンプ給湯</b>	<b>100</b>
2.4.1	ヒートポンプ給湯機普及の背景	100
2.4.2	ヒートポンプ給湯機の概要	100
2.4.3	ヒートポンプを用いた給湯方式の計画の留意点	102
2.4.4	設計例	104
	(1) クラブハウス	104
<b>2.5</b>	<b>その他のヒートポンプ応用システム</b>	<b>109</b>
2.5.1	潜熱・顕熱分離空間	109
2.5.2	地中熱利用システム	112

### 3章 建築設備設計基準における蓄熱設計の解説

3.1 設計基準「第4編 第2章 第16節 水蓄熱システム」	120
● 熱源機器容量、蓄熱槽容量の決定方式と熱源機器運転時間	120
● 蓄熱槽容量の検討	121
● 一次側・二次側配管系の流量制御方式について	122
● 蓄熱槽の方式	124
● 蓄熱槽の断熱・防水範囲	126
● 連通管の口径	127
● 連通管方式蓄熱槽の各配管の設置方式	128
● 連通管の設置位置	129
● 蓄熱槽内の一次側配管の設置方式	131
● 一次冷温水ポンプの配置	132
● 蓄熱槽用点検マンホールの配置	133
● 蓄熱槽内部の他用途配管	134
● 補給水配管	134
● 蓄熱槽の水を消防用水と兼用する場合	135
● 熱源機器容量と蓄熱槽容量の算定手順	135
● 時刻別熱負荷の算定と蓄熱量の決定	136
● 蓄熱システム系統図	137
● 時刻別熱収支と熱源機器の運転方法	140
● 二次側配管方式と冷温水利用温度差	141
● 日熱負荷の算定方法	142
● 熱源機器容量の算定方法	144
● 蓄熱槽容量の算定方法	146
[コラム] 蓄熱効率(有効熱利用率)	147
[コラム] 蓄熱槽効率の設計条件による影響	147
[コラム] ピークシフト運転とピークカット運転	147
● 年間熱負荷夜間移行率の算定方法	149
● 熱源機器容量、蓄熱槽容量の決定方法と熱源機器運転時間	151
[コラム] 氷蓄熱システムの分類	153
● ヒートポンプ式氷蓄熱ユニットの設計方法	153
● ヒートポンプ式氷蓄熱ユニットの方式	155
● ヒートポンプ式氷蓄熱ユニットの選定手順	159
● ヒートポンプ式氷蓄熱ユニットの算定と諸元表	159
● 現場施工形氷蓄熱システムの選定手順	161
● 現場施工形氷蓄熱システムの算定(日熱負荷・熱源機器容量)	162
● 現場施工形氷蓄熱システムの算定(氷蓄熱槽容量)	163
● 現場施工形氷蓄熱システムの算定(年間熱負荷夜間移行率)	164
[コラム] 大温度差空調方式	164
3.2 設計基準「第7編 第2章 第5節 蓄熱槽の監視及び制御」	
● 蓄熱槽の監視及び制御	168
● 電子式制御のシステム図及び動作説明 設計資料 5-1 水蓄熱槽の監視及び制御	168
● デジタル式制御のシステム図及び動作説明	

設計資料 5-1 水蓄熱槽の監視及び制御 .....	169
[コラム] 蓄熱槽の温度分布計測と負荷予測 .....	171
[コラム] 熱源機器本体の制御と協調設定 .....	172
● デジタル式制御のシステム図及び動作説明	
設計資料 5-2 氷蓄熱槽の監視及び制御 .....	172

## 4 章 空気調和機の性能評価法

4.1 パッケージエアコンの定格点性能 .....	175
4.2 パッケージエアコンの通年エネルギー消費効率 .....	175
4.3 セントラルエアコンの期間成績係数 .....	178
■ おわりに .....	180
■ 索引 .....	181