

ユニット式氷蓄熱冷暖房システム

Unit Type Ice Storage Systems for Building Airconditioning

電力需要の増大に伴って、電力負荷の昼夜間格差は年々拡大の傾向にある。都市部での電力需給平準化対策として有効な蓄熱式空調システムの開発は、電力会社及び需要家双方に経済的メリットをもたらすものとして最近重要な技術課題となっている。

本稿では、従来の水の顕熱を利用した方法では適用の困難な中小ビル向け蓄熱式空調システムとして開発したユニット式氷蓄熱冷暖房システムについて紹介する。本システムは空冷ヒートポンプ式チラーユニットをベースに、直膨方式の製氷サイクルによって、補機動力不要のコンパクトなシステムとなっている。プロトタイプの実験では製氷率37%(体積比)を実現し、従来の水蓄熱式に比べ蓄熱槽の大きさを1/3程度とすることができた。

柳原隆司* Ryûji Yanagihara
坪田祐二* Yûji Tsubota
小栗正裕** Masahiro Oguri
多賀明義*** Akiyoshi Taga
坂本 亮**** Makoto Sakamoto

1 緒 言

ビル空調設備で要求される熱エネルギーは、季節・日・時刻別のいずれの場合でも、大きな変動をもつものである。このため、建物のピーク負荷をまかなうのに十分な容量の熱源設備や電源設備を設ける必要のある通常システムでは、多くの時間帯で低負荷運転となる。特に、負荷の発生が少ない夜間は、需要家側だけでなく、電力会社も設備の低稼働率を強いられることとなる。

それに対して、蓄熱式空調システムを導入した場合、需要家にとっては、熱源設備容量をおおむね半減させることが可能となり、合わせて受電設備容量も減少できるので、設備費はもちろん、契約電力料金の低減にもつながる。また、蓄熱特約などの電力料金割引制度の適用も可能となり、経済効果を上げることができる。更に電力会社にとっては、電力負荷の熱源容量に見合う部分を、深夜電力時間帯に移行できるので、電力供給設備の稼働率向上が期待できる。

従来用いられている蓄熱式空調システムは、水の顕熱を利用する方法がほとんどである。これは、蓄熱媒体が具備すべき物性・安全性・信頼性・経済性などの条件で、まだ水をしのぐものがないためである。しかし、水の顕熱を利用する方法の場合、蓄熱槽の容積が大きくなるため、通常のビルでは、地下二重スラブが利用できるケースに限られてしまい、蓄熱式空調システムが一般化するには至っていない。

以上のような背景から、蓄熱材として優れた性能をもつ水を媒体とし、その潜熱を利用して蓄熱槽を大幅に小形化できる氷蓄熱冷暖房システムが、最近注目を集めている^{1),2)}。

本稿では、中小ビルを対象とし、量産形を指向して開発したユニット式氷蓄熱冷暖房システムについて紹介する。

2 開発思想及びシステムの特長

近年、中小ビルでは、冷暖房に空冷ヒートポンプ式チラーユニットを導入するケースが増大している。空冷ヒートポンプ式チラーユニットは、冷却水や燃料系統を必要とせず、シンプルな熱源設備を構成できる点が大きな魅力となっており、その特長を生かしながら氷蓄熱冷暖房システムを形成することが、開発のポイントの一つであった。

本開発システムは、標準の空冷ヒートポンプ式チラーユニ

ットの冷凍サイクルに、直膨方式の製氷用熱交換器を付加し(図1参照)、この熱交換器をSMC[※]製のパネルタンク内に浸漬させる方式である。

システムの特長は、次のとおりである。

- (1) 蓄熱槽もチラーユニットと同様、屋上設置が基本となるので、機械室などが不要である。
- (2) 1台のチラーユニットで、氷蓄熱・冷水発生・温水蓄熱・温水発生 of 四つのモードの運転が可能である。
- (3) 氷蓄熱運転は、直膨方式を採用しているため、ブライン方式のような中間熱交換器が不要であり、またブラインポンプなどの補機動力を必要としないため、高い成績係数が得られる。

3 氷蓄熱用空冷ヒートポンプ式チラーユニット

本システムに用いるチラーユニットは、(1)昼間に冷温水を作る水側熱交換器、(2)夜間に氷(夏季)又は温水(冬季)を作る蓄熱槽内の製氷用熱交換器、(3)外気と熱の授受を行なう空気側熱交換器の三つの熱交換器と受液器、アキュムレータ、圧縮機などにより構成される。この場合、蓄熱槽内の製氷用熱交換器の冷媒側内容積が、他の二つの熱交換器に比較して6～7倍になるため、運転モードの切替えによる冷媒量の差を吸収できるように、標準の空冷ヒートポンプ式チラーユニットよりも容量の大きな受液器、及びアキュムレータが必要となる。更に、これら容積差の大きい熱交換器を切り替えて運転するため、次の事項を達成しなくてはならない。

- (1) 運転モード切替え時に、確実な移行が行なえること。
- (2) 目的とするモードの運転が安定して行なえること。
- (3) 運転中、モードの違いにより休止状態となる部分にトラブルが発生しないこと〔例えば、蓄冷(製氷)運転中の水側熱交換器の凍結など〕。
- (4) 更に、全体として高性能の運転が確保されること。

※) SMC: Sheet Molding Compoundの略語である。FRP(ガラス繊維強化プラスチック)製品の一つで、ガラス繊維に樹脂を含浸させシート状にしたものを、型によって加熱成形する製品を指す。

* 東京電力株式会社技術開発研究所 ** 日立製作所機電事業本部 *** 日立製作所清水工場 **** 日立化成工業株式会社結城工場

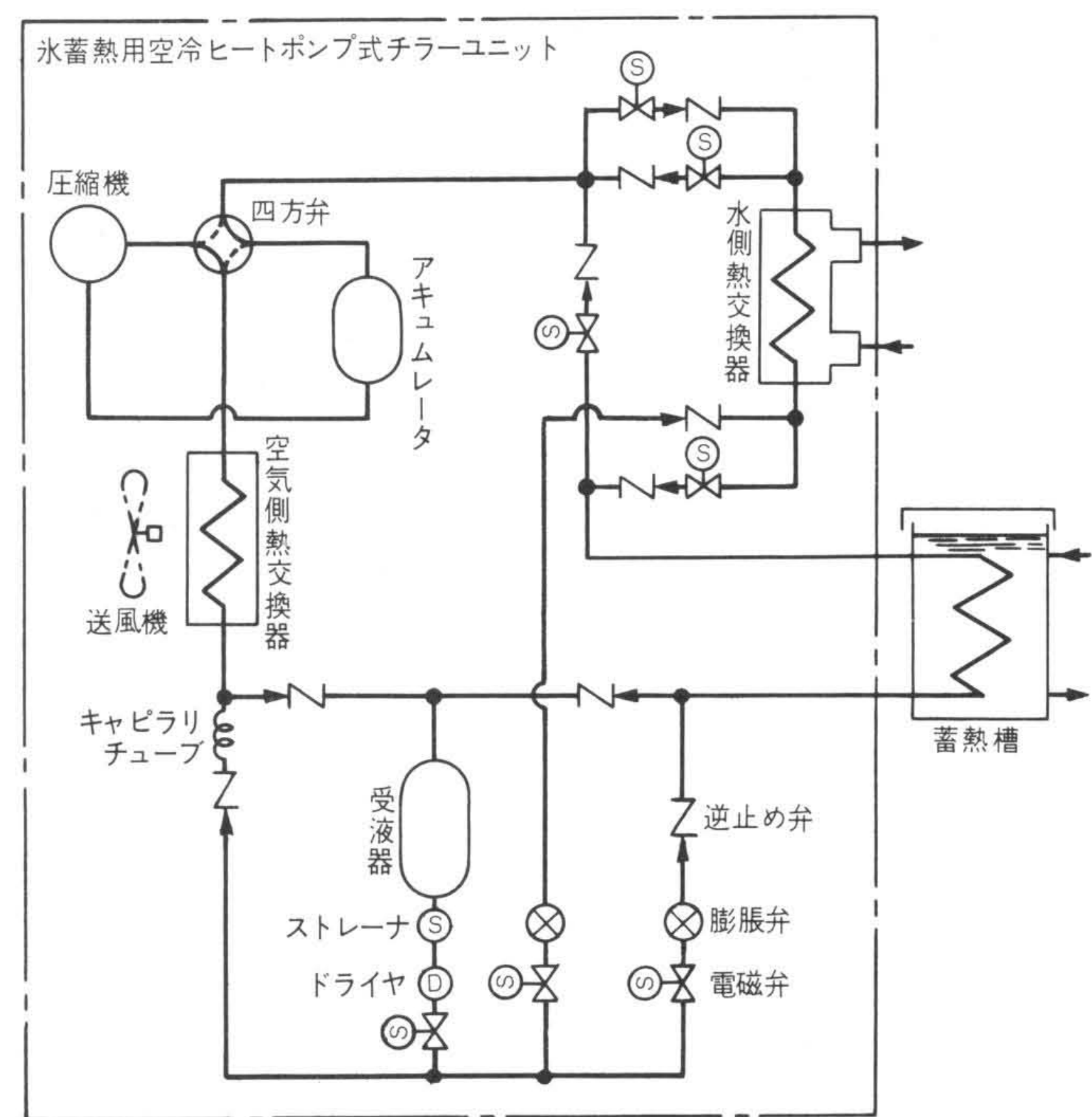


図1 冷凍サイクル図 氷蓄熱用空冷ヒートポンプ式チラーユニットは、標準チラーのサイクルに製氷用熱交換器系統が付加されたサイクルとなっている。

以上を満足させるため、図1に示す冷凍サイクルを採用した。この冷凍サイクルによる各運転モードの動作を図2に示す。実機の設計に際しては、既に量産されている標準の空冷ヒートポンプ式チラーユニットの構造、機能をできるだけ踏襲し、部品の共通化を図っている。製作したプロトタイプの3.75kWチラーユニットの外観を図3に、構造を図4に示す。

4 氷蓄熱槽

前章の3.75kWチラーユニットに接続される氷蓄熱槽の外観を図5に、構造を図6に示す。内部に組み込まれる製氷用熱交換器は、この大きさのものを基本的な最小モジュールとしている。より大形の蓄熱槽へ適用する場合は、この製氷用熱交換器モジュールをディストリビュータを介して複数台接続するわけである。

槽材料には、熱伝導率が小さく、耐候性に優れ、設計の自由度が高く、かつ施工の容易なSMCを用い、パネル組立式としている。特に蓄熱槽内の水温が、夏季の氷蓄熱時(最低-10℃)と冬季の温水蓄熱時(最高60℃)の熱サイクルを受けるため、十分な強度が確保できるように、耐水用SMCを採用している。断熱材としては、断熱性能に優れたウレタンフォーム30mmを採用し、槽本体の耐水用SMCと外装用の汎用SMCの間にサンドイッチ形状に形成させることとした。これにより、パネル組立式の施工性を確保しながら、しかも外気温度35℃、槽内

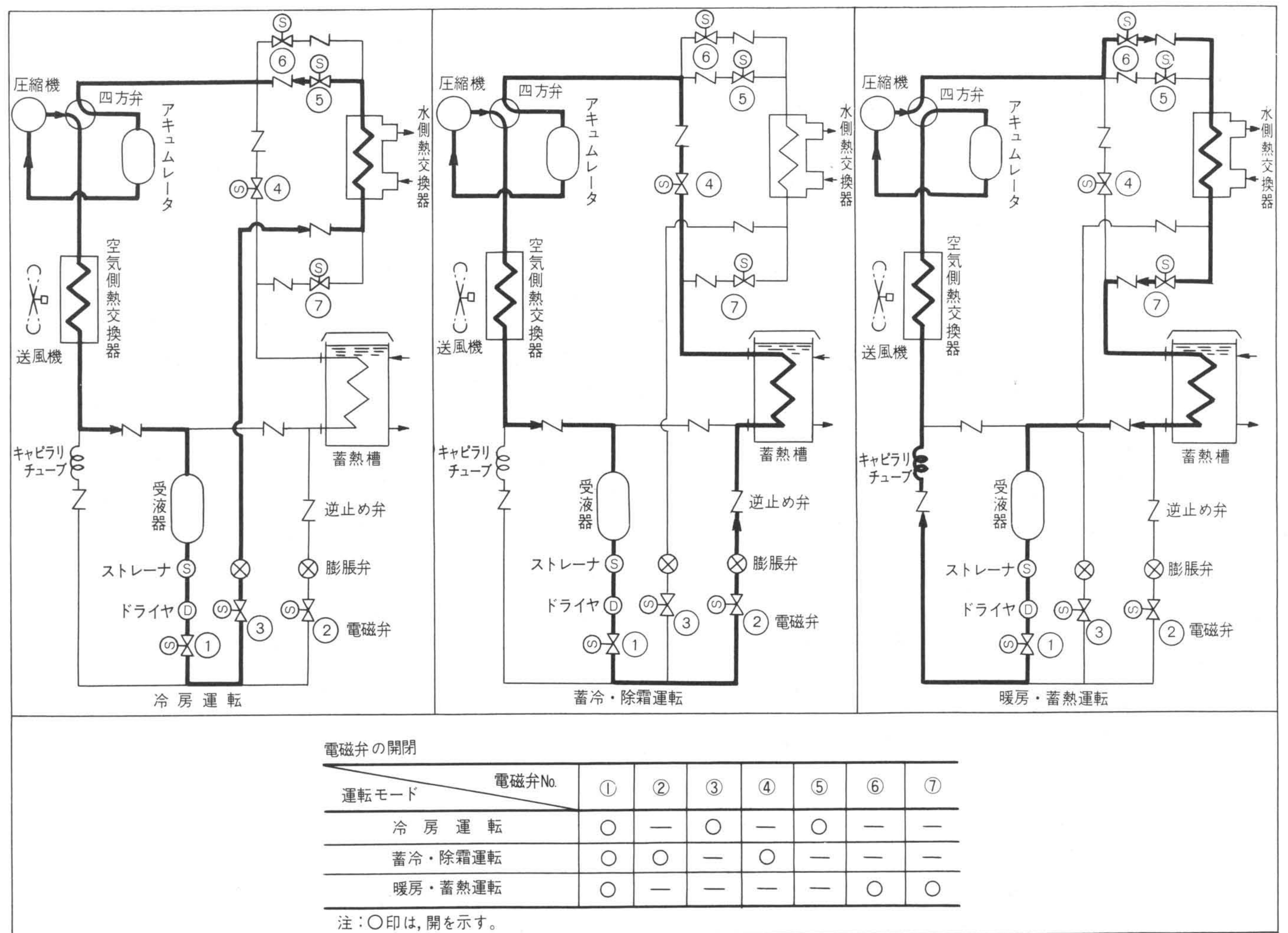


図2 運転モード説明図 氷蓄熱用空冷ヒートポンプ式チラーユニットのサイクルは、電磁弁の開閉によって、冷房運転、蓄冷・除霜運転及び暖房・蓄熱運転の各モードに切り替えられる。



図3 氷蓄熱用空冷ヒートポンプ式チラーユニットの外観
3.75kWプロトタイプの外観を示す。

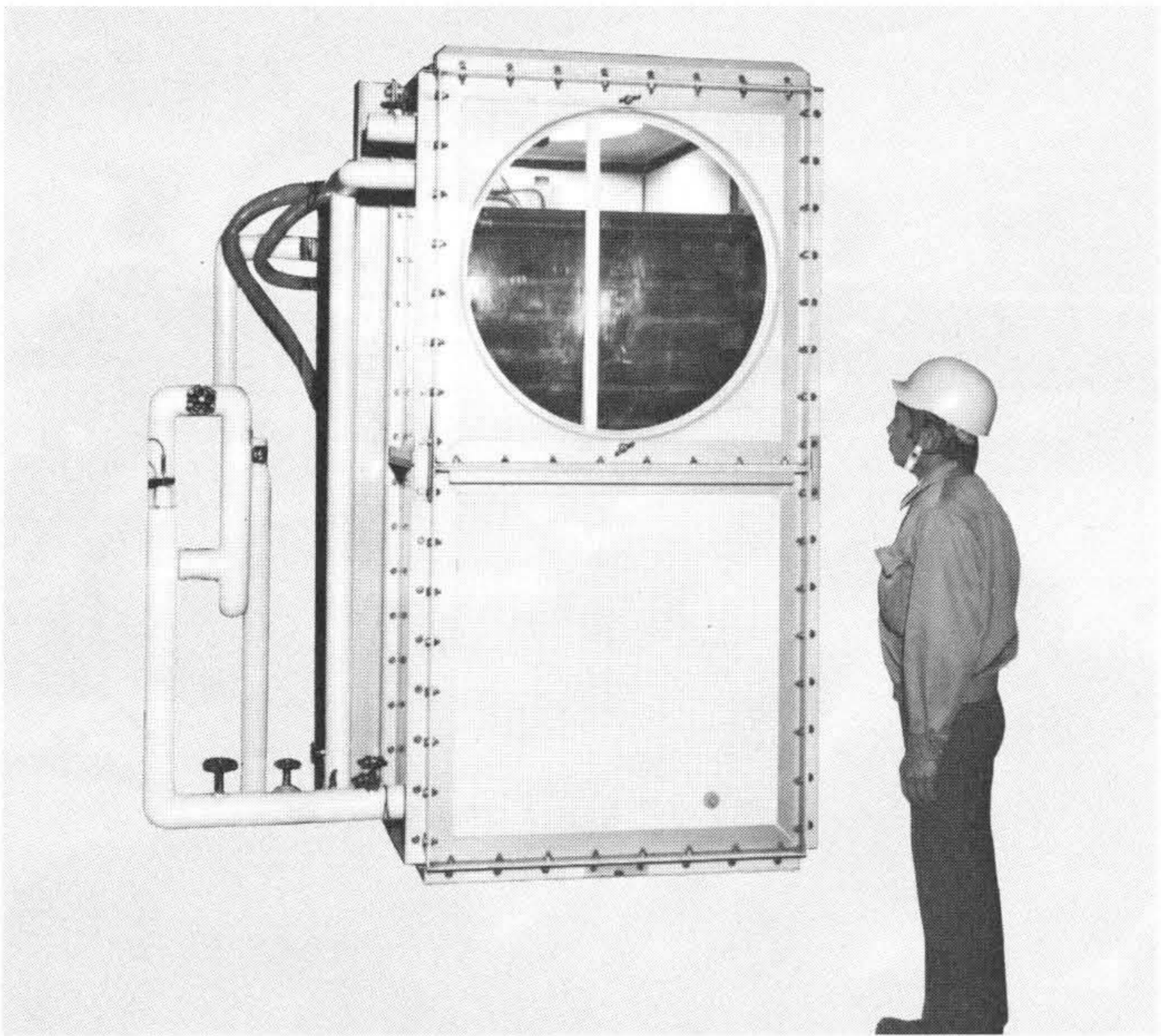
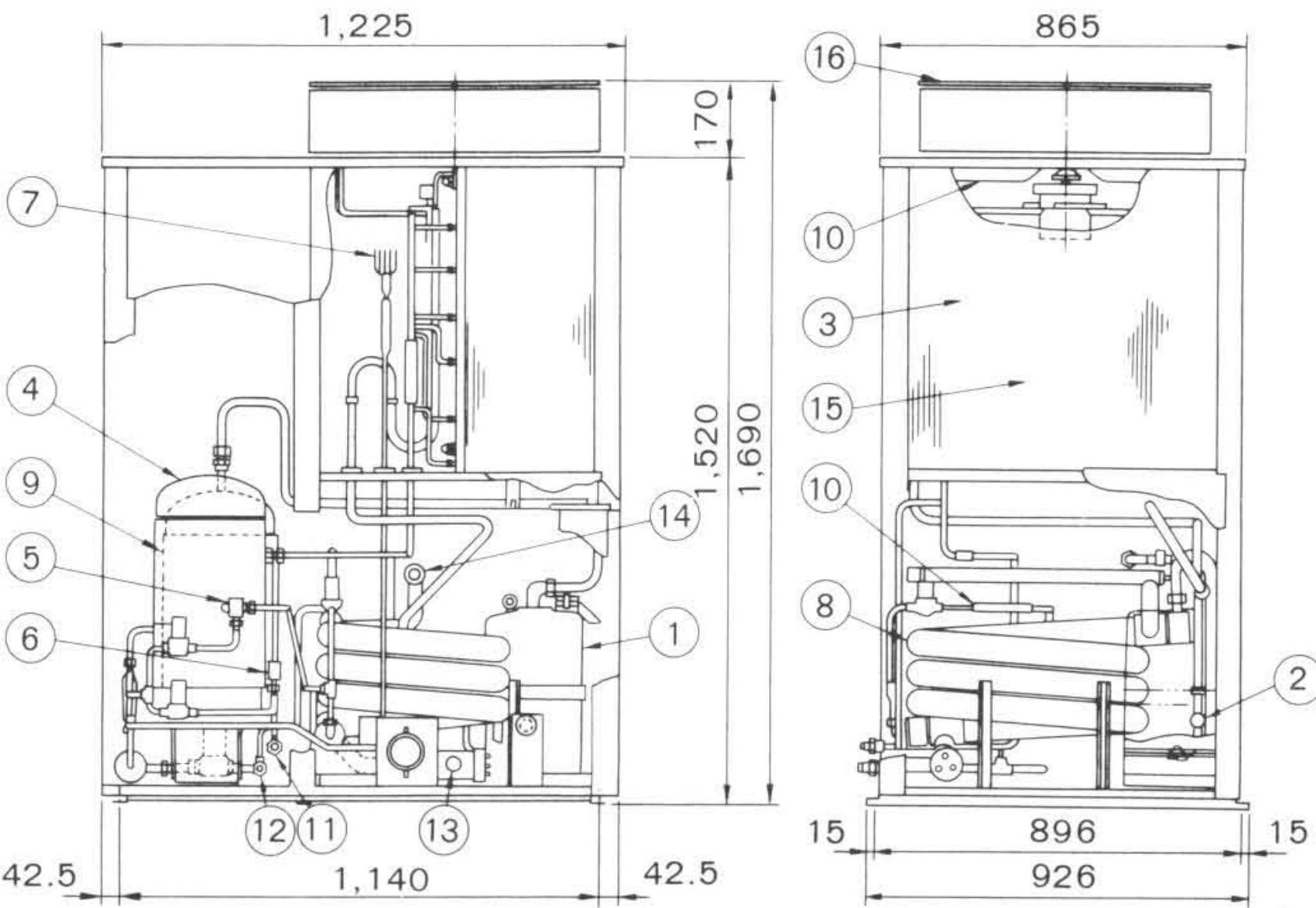
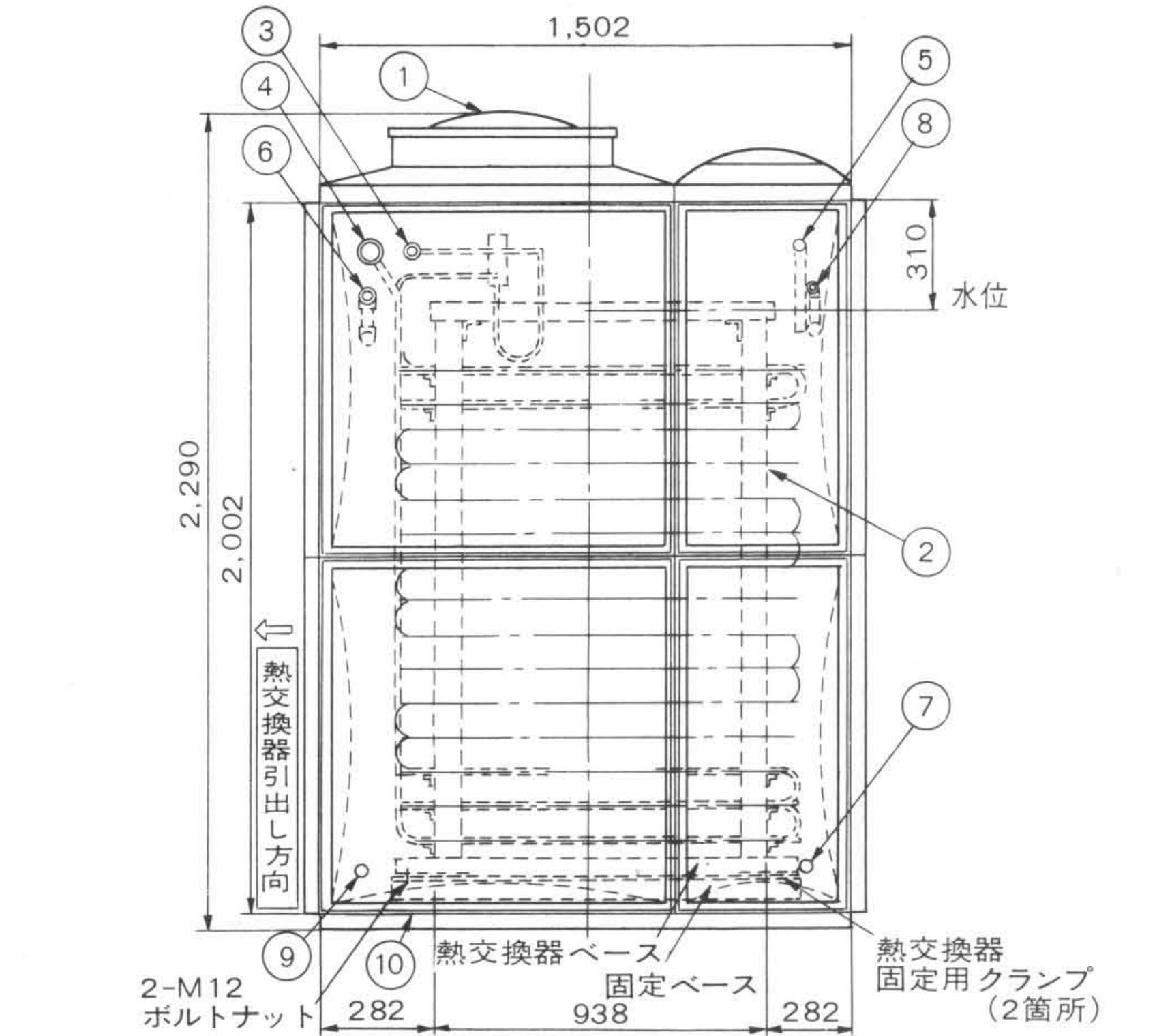


図5 氷蓄熱槽の外観 3 m³氷蓄熱槽の外観を示す。



番号	名 称	番号	名 称
①	全密閉形圧縮機(3.75kW)	⑨	アキュムレータ
②	四方弁	⑩	プロペラファン
③	空気側熱交換器	⑪	冷媒液接続口
④	受液器	⑫	冷媒ガス接続口
⑤	膨脹弁(冷房用)	⑬	冷温水入口
⑥	膨脹弁(蓄冷用)	⑭	冷温水出口
⑦	キャピラリチューブ(暖房用)	⑮	空気吸込口
⑧	水側熱交換器	⑯	空気吹出口

図4 氷蓄熱用空冷ヒートポンプ式チラーユニットの構造
3.75kWプロトタイプの内部構造を示す。



No.	名 称	No.	名 称
①	槽 本 体	⑥	冷温水戻り
②	熱 交 換 器	⑦	冷温水送り
③	冷媒入口	⑧	冷温水入口
④	冷媒出口	⑨	冷温水出口
⑤	給水入口	⑩	ドレーン口

図6 氷蓄熱槽の構造 3 m³氷蓄熱槽の内部構造を示す。

水温0℃の場合でも、外表面の結露開始相対湿度を80%以上とすることが可能である。

製氷用熱交換器は、冷媒の不均一分布による性能低下を極力小さくするため、2パス形の蛇管形とし、圧力損失をできるだけ小さく抑え、かつ循環冷媒に含まれる冷凍機油の戻りを考慮して冷媒流速を一定値以上確保するように、熱交換器の下部(製氷時冷媒上流側)から管外径を4段階に漸次拡大し

てゆく形状としている。熱交換管は、製氷完了時に着氷厚み約40mm、かつ氷表面の間隔が5mm程度となるように、ピッチ108mmの正三角形配置とした。なお、管径が異なる箇所などのろう付部分は、槽パネル一面を外すことによって、容易に保守できるように片側にまとめ、メンテナンス性を向上させている。

製作された氷蓄熱槽での着氷状態を図7に示す。



図 7 氷蓄熱槽の着氷状態 3 m³氷蓄熱槽での着氷状態を示す。

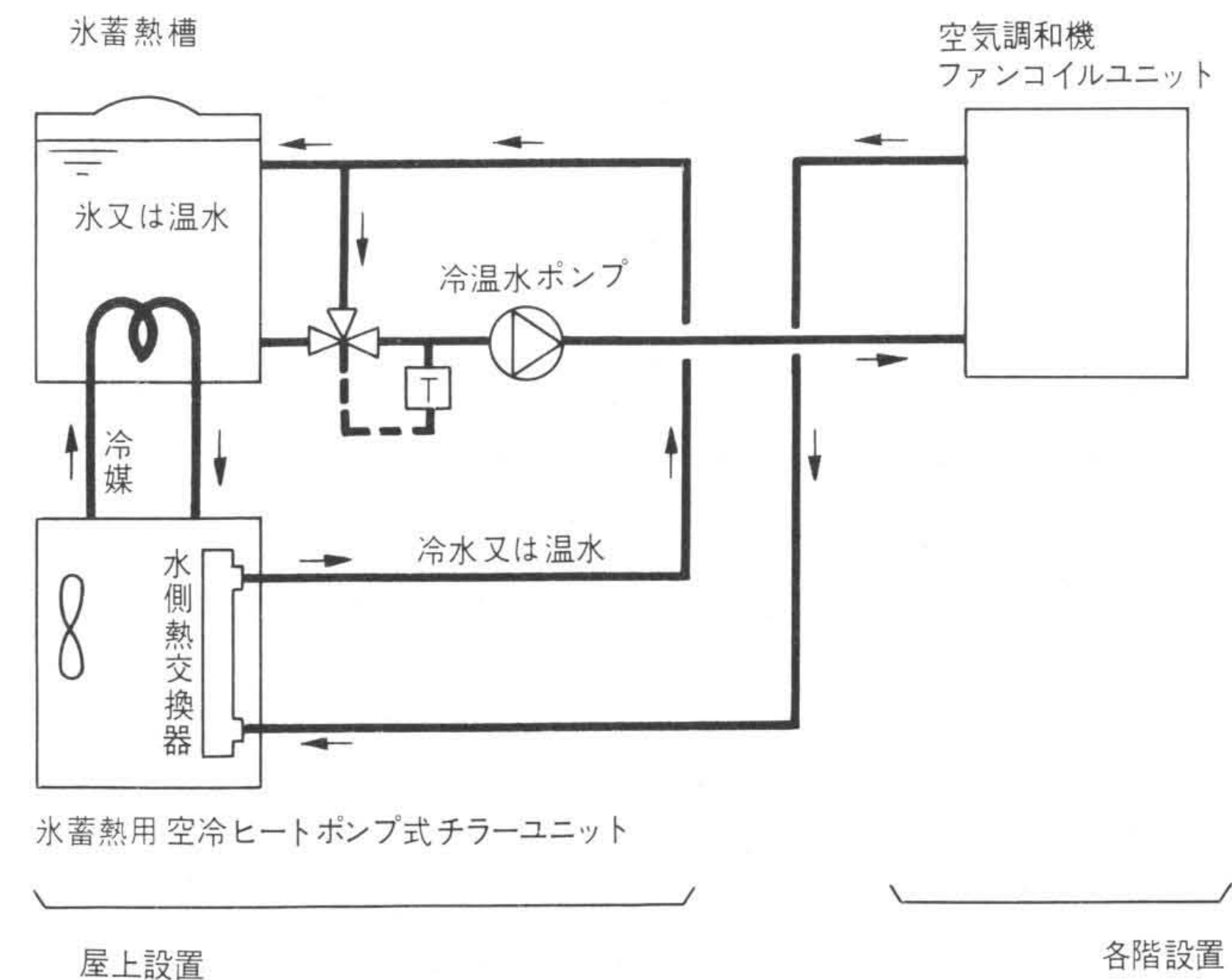


図 8 ユニット式氷蓄熱冷暖房システムの系統図 空気調和機、ファンコイルユニットなど負荷との接続は、標準の空冷ヒートポンプ式チラーユニットの場合と大きな変更はない。

5 ユニット式氷蓄熱冷暖房システムの運用と性能

システム全体の概略系統図を図 8 に、夏季運転パターンの例を図 9 に示す。ここで斜線部分の負荷を氷蓄熱槽から取り出し、ピークカット及びピークシフトを行なう。図 8 の系統では、冷房時空気調和機からの還水の水側熱交換器→氷蓄熱槽と直列に通すことによって、水側熱交換器の蒸発温度を高くとり、効率を向上させている。

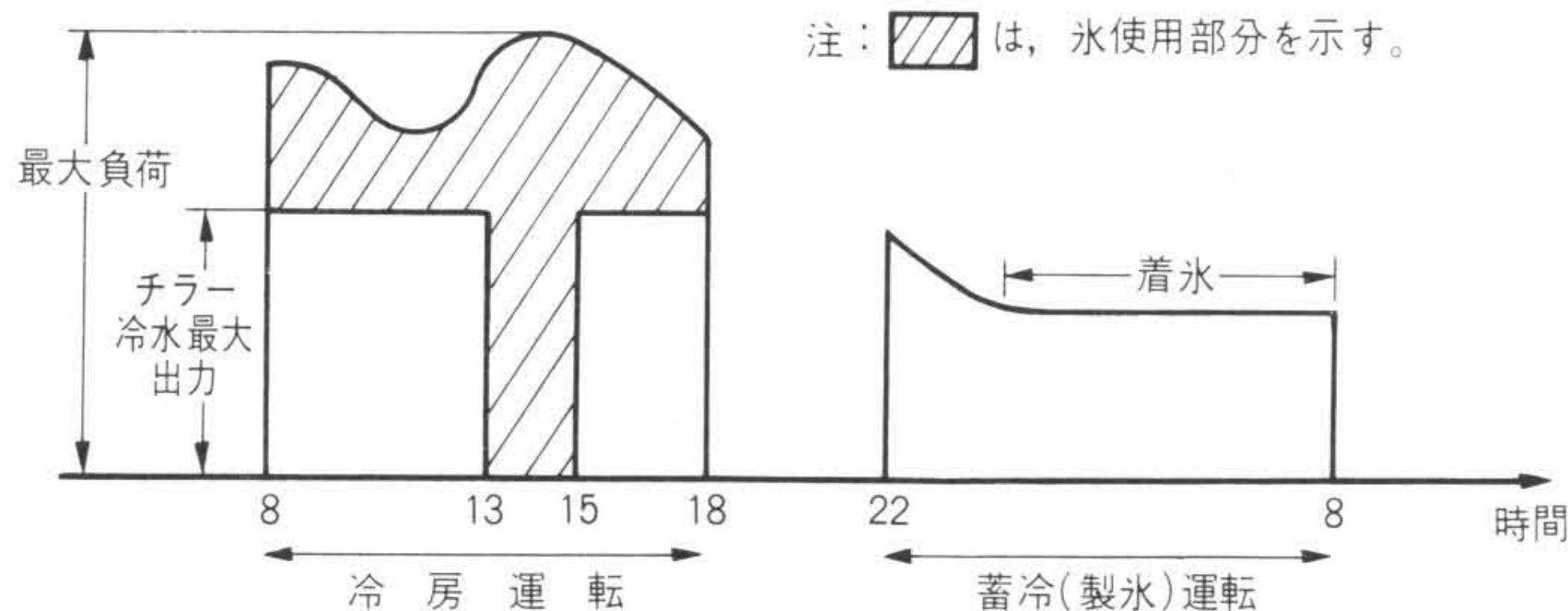


図 9 夏季運転パターン 夜間製氷運転によって氷蓄熱槽に蓄えられた熱量が、昼間の斜線部分で放出される。

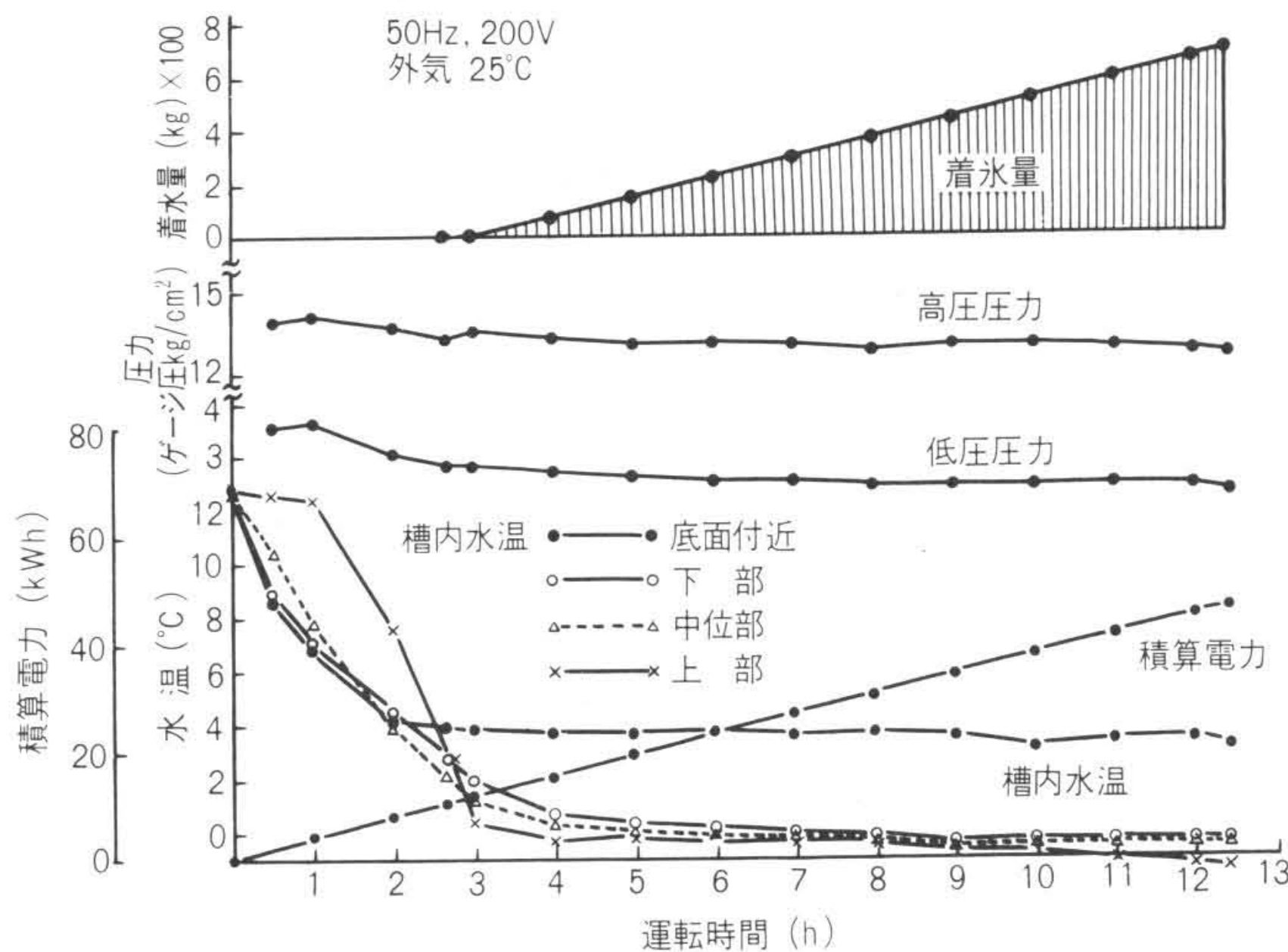


図 10 氷蓄熱性能試験結果 着氷後の低圧圧力の変化は、小さく一定した運転となる。

製作された 3.75kW プロトタイプによる氷蓄熱性能試験結果を図 10 に示す。標準の空冷ヒートポンプ式チラーユニットの性能表示を行なう場合、JIS 外気温度条件 35℃ で冷却運転の試験を行なうが、氷蓄熱運転は夜間であるため、25℃ 外気温度条件で測定した。この結果、呼称容量 3 m³ 蓄熱槽内の実水量 2,044kg のうち 700kg を氷とすることができ、容積比 37% (重量比 34%) の製氷率を実現した。

6 結 言

産業形態や生活様式の変化に伴って、電力需要に占める民生用需要は年々比率を高めている。ビル空調用の動力需要も大きなウェイトを占める現在、電力会社にとって都市部での電力負荷の平準化対策は、将来に向かっての重要な技術課題といえる。従来の水の顕熱を利用した蓄熱式空調システムにとどまらず、中小ビルへの蓄熱システムの適用拡大を目的としたユニット式氷蓄熱冷暖房システムの開発は、大きな意義をもつものと考ええる。

今後は、更に需要家サイドの経済効果を高めるように、いっそうの性能向上及び低価格化への施策に努力を傾ける考えである。

参考文献

- 1) 射場本：潜熱蓄熱技術について、第 15 回建築設備技術会議 SESSION 5、5-3-1 (昭 58-3)
- 2) 射場本、外：大型建物を対象とした氷蓄熱方式の研究、空調・衛生工学会学術論文集、309 (昭 58-10)