





①過冷却水が流入 ②氷核発生装置作動 ③連続製氷状態へ移行

写真1 製氷装置内で過冷却状態の水がシャーベット状の氷に変化する様子

## 2-2 解氷システム

本システムの放熱運転フローを図2に示す。

- 蓄熱槽から取水した冷水を、放熱熱交換器へ送り、二次側冷水を4~7℃に冷却し空調を行う。
- 放熱熱交換器で温められた冷水は、蓄熱槽下部から槽内を浮いている氷に向かって噴出され、解氷する。

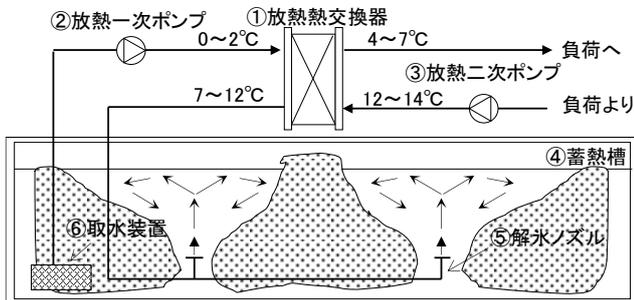


図2 放熱運転フロー

## 3. システムの特長

### (1) 氷水搬送による自由度の向上

- 連続した配管系内で過冷却水と氷の生成を行うことにより、生成された氷をポンプ圧送できるため、蓄熱槽の設置場所に関係なく、自由に機器を配置できる
- 氷水(0℃)状態での搬送により、配管内での凍結発生がなくなり、信頼性が向上する。

### (2) 自由な容量設定

- 必要な蓄熱容量に合わせた容量設定が可能である。
- 製氷機1台の最大製氷能力は500RT(1,760kW)まで製作可能であり、地域冷暖房級の大規模蓄熱にも対応できる。

### (3) 既設蓄熱槽の利用が容易

- 蓄熱槽の種類、形状、設置場所の制約が少ない。
- 蓄熱槽内に設置する機器が少ないため、既設の水蓄熱槽を断熱強化のみで氷蓄熱槽に簡単に変更可能である。
- 独自の氷水搬送・分配技術<sup>1)</sup>によって、高精度な氷の分配が可能であり、地下ピットなどの複数水槽も氷蓄

熱槽として利用可能である。

### (4) 優れた放熱特性

- 蓄熱槽の氷はシャーベット状であり、水と接する表面積が大きいため、解氷特性に優れる。
- 10時間の放熱のみならず、3時間の短時間放熱においても2℃以下の冷水を取水することができ、大温度差送水による搬送動力の低減化も可能である。

### (5) 優れたメンテナンス性

- メンテナンスが必要な機器を水槽外に設置するため、保守・管理が容易である。
- 汎用機器でシステムが構成されているため、特殊なメンテナンスは不要である。
- 蓄熱槽内に製氷コイルを設置する必要がなく、ブライン漏洩による地中汚染の心配が少ない。

## 4. 導入実績

用途別の導入件数の推移を図3に示す。2000年の初導入以来、これまでに15件の実績がある。冷凍能力の規模は40~1,300RT(430RT×3セット)である。放熱による空調用ピーク電力削減のほか、低温度利用に適していることから、食品や飲料工場の生産プロセスの冷却装置としても実績がある。なお、2008年以降の導入は、すべて水蓄熱槽からの改修であった。各蓄熱槽の改修内容を表1に示す。

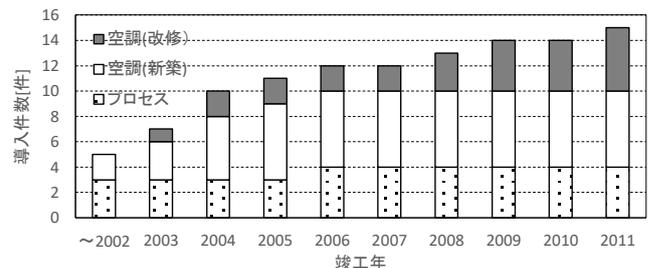


図3 用途別の導入件数の推移(累計)

表1 各蓄熱槽の改修内容

物件	保有水量	水槽の種類	水槽数	熱量増加倍率
地下街(420RT)	400 m <sup>3</sup>	コンクリート	1槽(仕切壁あり)	1.7
事務所ビル(36RT)	28 m <sup>3</sup>	地下ピット	4槽	—
DHC(800RT)	733 m <sup>3</sup>	地下ピット	12槽	1.7
病院(200RT)	160 m <sup>3</sup>	地下ピット	10槽	3.0
複合施設(390RT)	360 m <sup>3</sup>	地下ピット	10槽	—

## 5. 既存水蓄熱槽を利用した導入事例

### 5-1 概要

本章では、某複合施設における既存水蓄熱槽を利用した導入事例<sup>2)</sup>について述べる。改修前後のシステム比較を図4に示す。改修前は、スクリー冷却機が2台設置され、1℃送水による冷水蓄熱(温度差10℃:11→1℃)と追掛け運転を行っていた。機器の老朽化に伴い、蓄熱量と運転効率の低下が顕在化したため、既存水蓄熱システムから本システムへの更新を実施した。システムを変更せず、熱源機のみ更新も選択肢となったが、1℃送水の冷水用冷凍機は計画当時において生産されておらず、5℃送水の冷凍機を用いると、蓄熱量が減少することから、本システムを導入するに至った。今回の改修によって、2台のスクリー冷却機を1台の水蓄熱用プリンターボ冷凍機に変更し、過冷却熱交換器、製氷装置などの製氷システムに必要な機器を設置した。なお、放熱熱交換器および

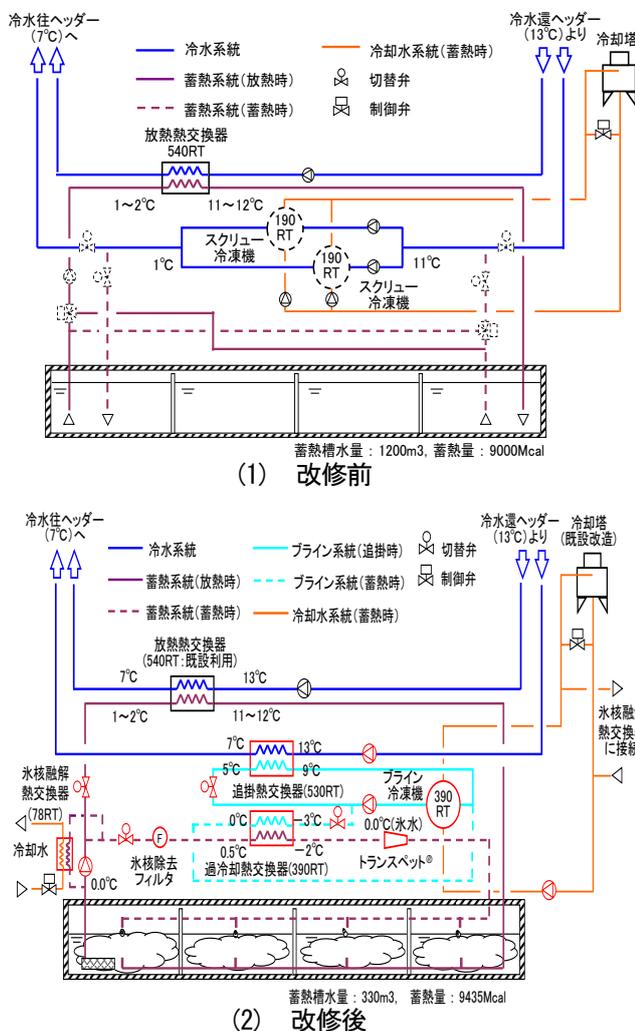


図4 改修前後のシステムフロー<sup>2)</sup>

放熱二次ポンプは、水蓄熱システムで利用していた既設のものを活用した。

### 5-2 蓄熱槽と改修後の水槽内配管

改修を行なった蓄熱槽の平面図を図5、断面図を図6、蓄熱槽内の様子を写真2に示す。蓄熱槽は機械室床下の躯体を利用した連結完全混合冷水蓄熱槽である。水槽形状をそのまま活用して、17槽のうち10槽を氷蓄熱槽へ改修した。各水槽に、取水装置、解氷ノズル、氷水吐出口を設置して、氷蓄熱システムを構築し、水槽容積に応じた氷水分配と、放熱熱交換器還冷水(負荷)による解氷を行う。

氷水の分配を行う場合、分岐流量が分岐前主管流量の50%以下になると、分岐される側の氷水の氷濃度の低下が始まり、20%程度では氷濃度は約3割低下する<sup>1)</sup>。本システムでは、分岐管手前にオリフィス板を設置し、乱流を発生させて搬送中形成される氷塊を破碎し分岐部での氷の偏りをなくすことで、分岐側冷水の氷濃度の低下を抑えている。さらに、オリフィス板を設置した場合の分岐流量と分岐前主管流量の比から氷濃度低下割合を予測して各水槽へ分配する氷水流量を調整することで、各水槽の蓄熱量の分配誤差が5%以内になるよう氷水配管の設計を行っている<sup>1)</sup>。

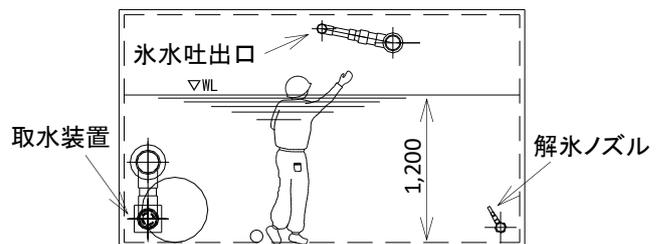
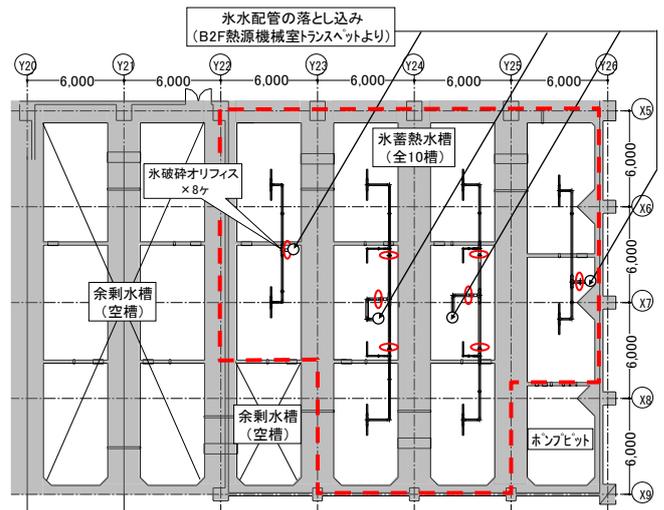




写真2 蓄熱槽内の様子<sup>2)</sup>

## 6. 低温チルド水供給装置への適用例

### 6-1 チルド水供給装置の概要

乳業および飲料水メーカー等の工場では、製品の殺菌後の冷却や製品保冷（貯蔵）のために、低温チルド水（2℃以下）が利用される。従来のチルド水供給装置としては、アイスビルダーとよばれるアイスオンコイルタイプの氷蓄熱装置が主流であったが、製氷コイルへの氷の付着による伝熱性能の低下によって冷凍機の効率が低下する問題がある<sup>3)</sup>。

本システムでは、製氷運転中の冷凍機の効率低下がなく、解氷特性に優れたシャーベット氷により、高負荷時でも安定した低温チルド水の供給が可能となる。本章では某飲料水メーカーで採用された低温チルド水供給装置について述べる。

### 6-2 システム概要

某飲料水メーカーで採用された低温チルド水供給システムを図7に示す。本システムのチルド水送水温度は1±1℃、最大送水量は100m<sup>3</sup>/hである。本装置は、氷を蓄熱槽へ蓄える“製氷回路”、生産装置へチルド水を供給する“放熱回路”、蓄熱槽内の氷を解氷し、蓄熱槽内温度を低温に維持する“解氷回路”からなる。

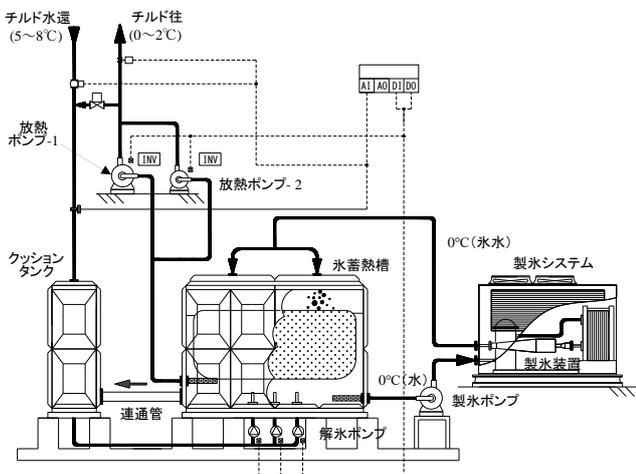


図7 低温チルド水供給システム<sup>3)</sup>

### (1) 製氷回路

製氷回路は、製氷システム、製氷ポンプ、蓄熱槽から構成される。製氷システムで生成されたシャーベット状の氷は、氷蓄熱槽まで搬送される。製氷システムは、蓄熱槽内の残氷状態を検知して、運転・停止を行なう。

### (2) 放熱回路

放熱回路は、放熱ポンプ1、2および生産装置へ直接接続される配管設備から構成され、生産装置側からの要求水量により放熱ポンプの台数制御およびインバータによる流量制御を行なう。また、生産装置からの還水は、直接蓄熱槽へは戻さず、クッションタンクへ返水する。

### (3) 解氷回路

解氷回路は、クッションタンク、解氷ポンプ、解氷ノズルからなり、チルド水送水温度によって解氷ポンプの運転台数を制御し、チルド水の供給温度上昇を防ぐ。

### 6-3 運転データ

実生産でのチルド水送水温度・流量データの一例を図8に示す。実生産においては、短時間発生する高負荷状態により、チルド水の還水温度が急激に変動するが、安定したチルド水供給を実現している。送水温度が1.3℃を超えると送水温度が急激に低下するが、解氷ポンプの台数制御（3台運転）によるものである。

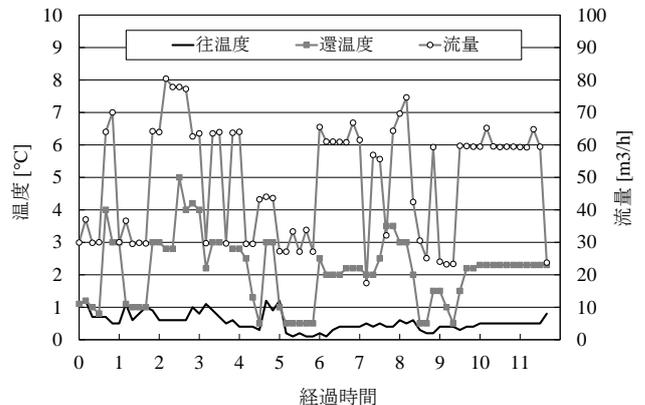


図8 実負荷運転チルド水温度変化<sup>3)</sup>

## 7. おわりに

最近、電力需給ひっ迫の課題に対応するものとして、蓄熱が再び注目されるようになってきた。規模・用途・機器配置の自由度が高い“ザ・自由雪計<sup>®</sup>”氷蓄熱システムは、多くの建物・施設に対応可能であり、ピーク電力削減に貢献できる技術と考える。また、熱特性のみならず、シャーベット氷が持つ流動性や柔軟性などの優れた特徴についても有用性を見出し、幅広く技術を展開していきたいと考える。

文 献

- 1) 穴井俊博, 長門秀樹, 山田育弘: 分岐管における氷水二相流の分配特性 (その①), 日本冷凍空調学会学術講演会講演論文集, 361-364, (2002.11)
- 2) 上田淳人: 梅田スカイビルにおける氷蓄熱改修事例
- 3) 塩尻一海, 雨宮満: 蓄熱装置による低温チルド水の供給 氷蓄熱システムを用いた実施例, 建築設備士, 13-16, (2003-6)

既存水蓄熱槽からダイナミック氷蓄熱への高密度化改修, 建築設備と配管工事 増刊号, 66-70, (2012-8)