

優良省エネルギー設備顕彰事例②

新設設備部門 (社)日本冷凍空調設備工業連合会 会長優秀賞

サザンスカイトワー八王子における 高効率な蓄熱式空調システム

設備所有者：サザンスカイトワー八王子 商業・業務等管理組合
設備施工者：(株)大林組

1. 技術開発の目的と経過

建物の概要

建物名称 サザンスカイトワー八王子
所在地 東京都八王子市子安町4-7-1
主要用途 店舗、住宅、業務、市民ホール、駐車場
敷地面積 10,279.39m²
建築面積 8,188.16m²
延床面積 99,769.87m²
構造規模 S造、一部SRC造、RC造 地下2階、地上41階、塔屋2階
駐車台数 自走式217台、機械式44台×3基
工期 2008年1月～2010年11月

写真1に建物外観を示す。



写真1 建物外観

目的

本建物はホール・商業・業務・集合住宅の複合用途のためホール使用時と不使用時に空調負荷が大きく異なっている。図1に建物の構成を示し、図2に計画時冷房ピーク日の熱負荷曲線を示す。冷房ピーク日の熱負荷の約1/3がホール部分の熱負荷となっている。この約1/3のホールのピーク熱負荷を夜間に移行させ電力負荷平準化を達成するため高効率な蓄熱式空調システム採用した。

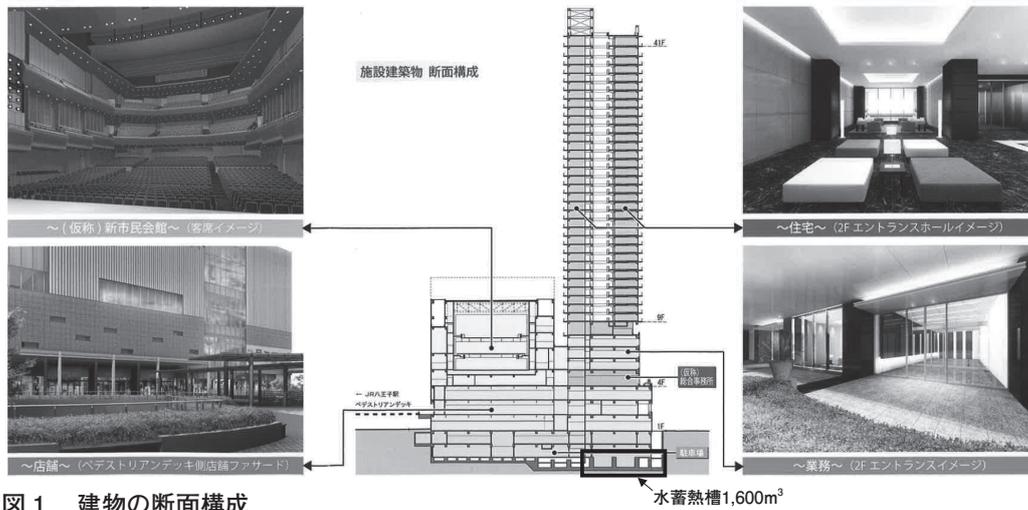


図1 建物の断面構成

経過：平成 18年～19年 計画・設計
 平成 20年 1月 着工
 平成 22年 11月30日 竣工

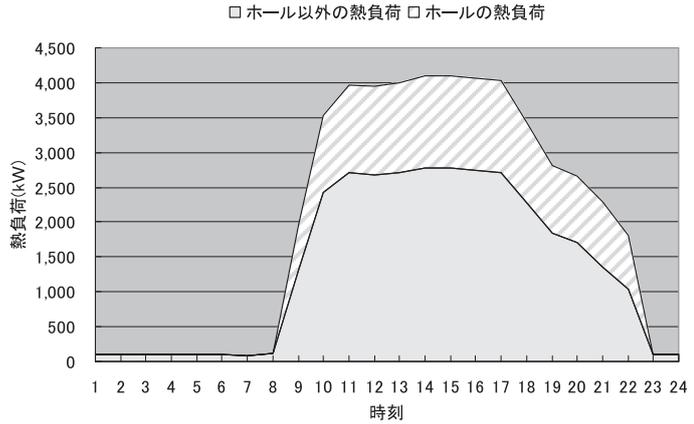


図2 計画時冷房ピーク日の空調負荷の推移

2. 設備・システムの概要

(1) 熱源システム

ホール・商業・業務といった複合用途の中でホールが満席になった時の尖頭的な空調ピーク負荷に対応するため、高効率な直列連結式温度成層型蓄熱槽の採用とガス焚冷温水発生機の採用（電気・ガス併用）により電力負荷の平準化を目指したシステムとなっている。

中間期や夜間などの低負荷対応として冷水・温水の小流量ポンプや冷却塔ファンの変风量システムを採用している。図3に冷水配管フロー図を示し、図4に温水配管フロー図(略)を示す。

凡例

- RT 電動ターボ冷凍機 225USRT
- CT 冷却塔 HEXプレート式熱交換器
- RC ガス焚冷温水発生機 190USRT
- CP 冷水ポンプ
- CSH 冷水往ヘッダー
- CRH 冷水往ヘッダー

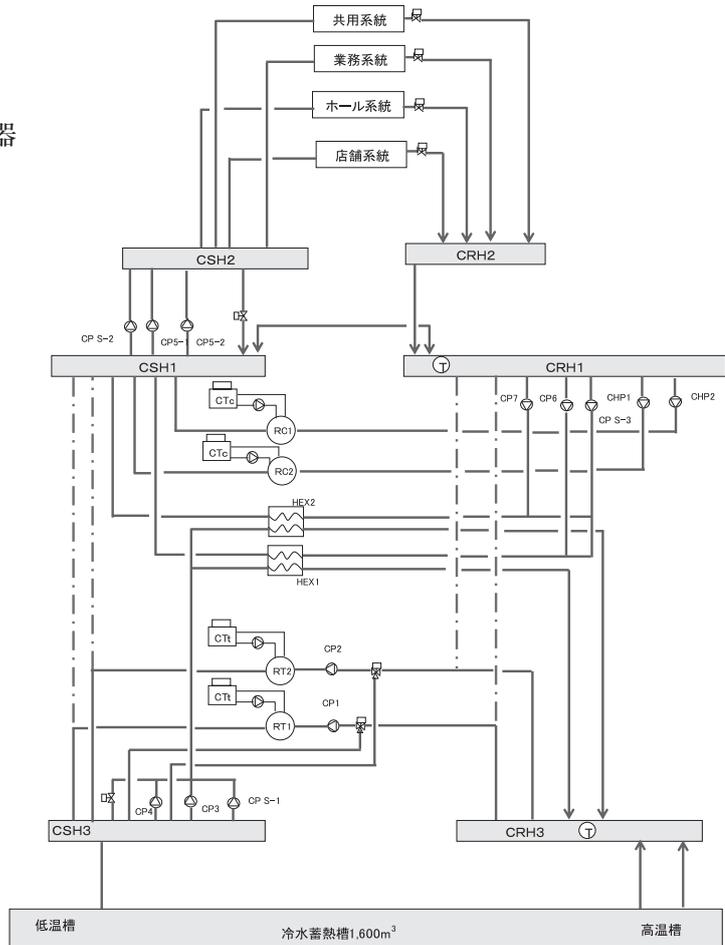


図3 冷水配管フロー図

(2) 空調システム概要

a. 店舗の空調設備計画

図5に店舗フロアの空調ダクトフロー図を示す。図5に示すように空調方式は外気処理空調機+ファンコイル (FCU) 方式となっている。ファンコイルユニットは一般的に利用温度差が確保しづらいと言われているが熱動弁による還り温度制御により利用温度差を確保している。

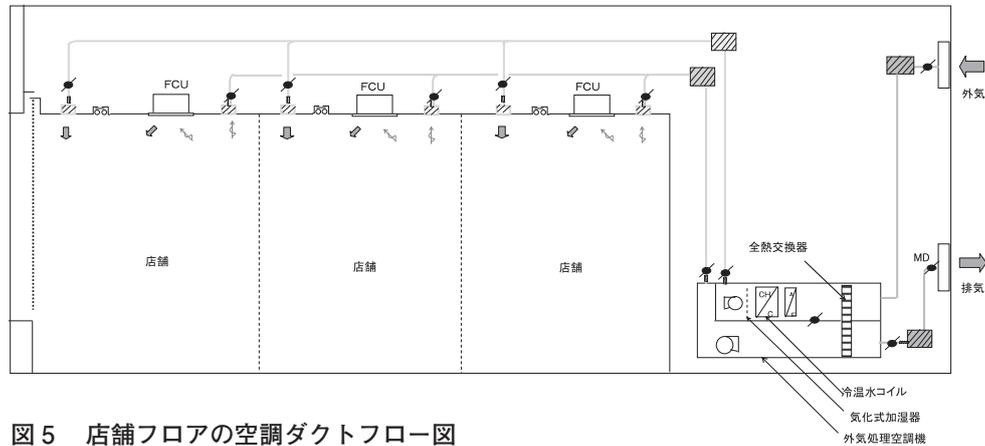


図5 店舗フロアの空調ダクトフロー図

b. ホールの空調設備計画

ホール客席系統は、床吹き出し空調方式となっており客席以外は単一ダクト変風量方式と一部の小部屋は外気処理空調機+ファンコイルユニット方式となっている。ホールの空調負荷の大半を占める客席系統には新規開発の床吹き出し口（スマートフロー）を採用している。

写真3にスマートフローの気流実験の写真を示す。写真3に示すようにスマートフローの吹き出し気流は座席の背板に沿って室内に拡散していくため吹き出し温度を通常の床吹き出し口より低く設定することが可能である。

c. 業務フロアの空調設備計画

図6に業務フロアの空調ダクトフロー図を示す。図6に示すように空調方式はインテリア・ペリメータ共全空気による単一ダクト変風量方式となっている。外気取り入れと排気は8階レベルから取り入れている。省エネルギー手法として大温度差送風 ($\Delta t12^{\circ}\text{C}$) 全熱交換器によるピークカットCO₂センサーにより居住者数に応じて外気取り入れ量の低減を行っている。また、中間期には外気冷房をおこなっている。

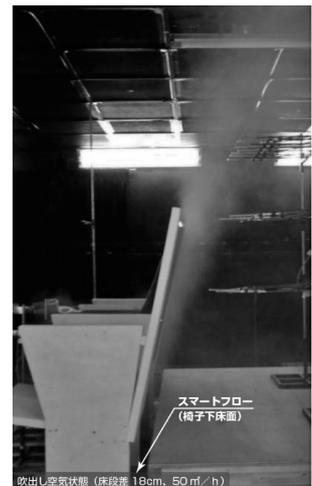


写真3 スマートフロー

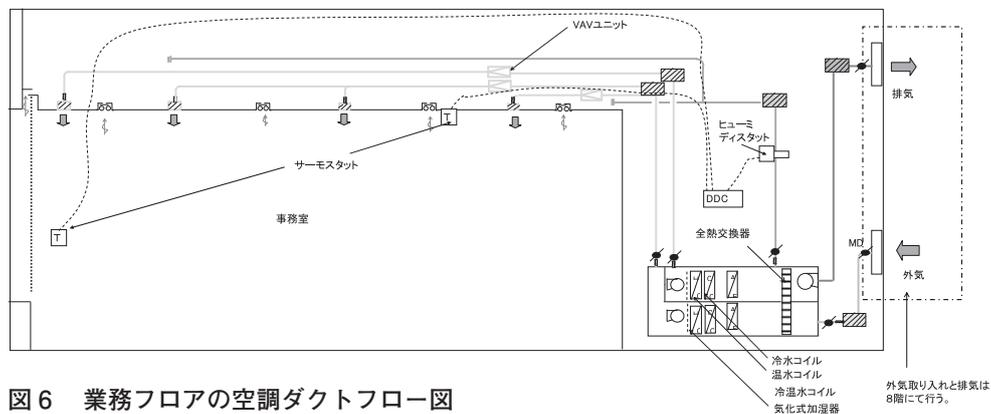


図6 業務フロアの空調ダクトフロー図

空調機方式なのでもともと利用温度差がつきやすいが大温度差送風とすることでコイル列数が増しさらに利用温度差がつきやすくなっている。

(3) 省エネルギー効果の確認

本物件には省エネ運用支援システムとして、BILCON-Σを導入している。BILCON-Σとは当社の開発したBEMSで汎用PCをデータ収集用に中央監視盤に接続したものである。このシステムでは建物固有の設備システム（蓄熱システム等々）のための専用のデータ表示画面を準備し、設計意図通りの運転が行なわれているかを随時確認することができる。以下にいくつかの画面例を示す。図7は冷熱源の台数制御状態を表示する画面である。負荷熱量や冷水往還温度による台数制御が想定どおり行なわれているかを確認できる。図8は蓄熱用のターボ冷凍機の運転状況を表示する画面である。ターボ冷凍機のCOPの変動とCOPの変動に影響を与える生産熱量（負荷率）、冷水出口温度、冷却水温度の変動を確認できる。図9は蓄熱槽内の温度プロフィールを表示する画面である。槽内温度分布に問題がないかを確認できる。

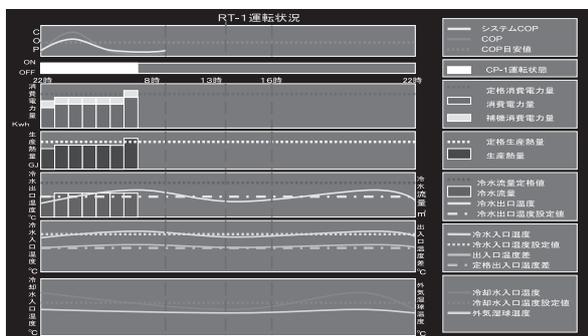


図7 冷熱源台数制御状況表示画面

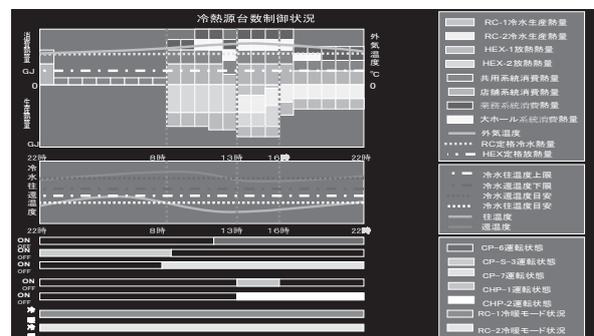


図8 ターボ冷凍機運転状況表示画面

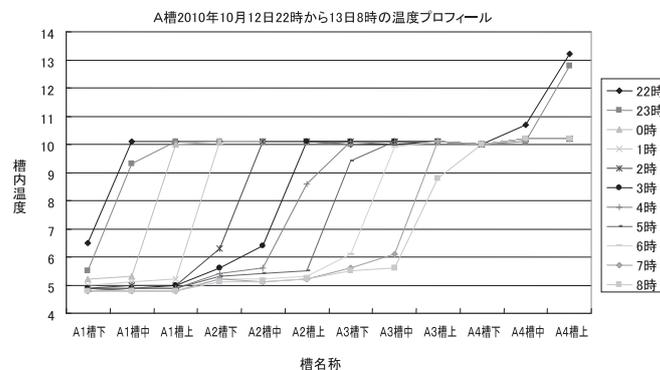


図9 蓄熱槽内温度プロフィール表示画面

3. 着想

高効率な蓄熱式空調システムとするために熱源側には限りなく高効率な直列連結式温度成層型蓄熱槽を導入し二次側空調システムには確実に利用温度差を確保するためにファンコイルに還り温度制御弁、ホール空調に新規開発の床吹出し口（スマートフロー）、業務フロアの空調に大温度差送風空調システムを採用した。熱源側と二次側空調システムの工夫により高効率な蓄熱式空調システムとなった。（詳細は略）

4. 効果（省エネルギー）

運用開始から今後のエネルギーの有効利用を目的としてエネルギー消費特性の把握や蓄熱システムなどの効果分析、省エネルギー手法の検証を行ってきた。

(1) 蓄熱槽の温度成層状況

図17(1点のみ掲載、他省略)に放熱時の温度プロファイルを示し図18(略)に蓄熱時の温度プロファイルを示す。図17、18に示すように放熱時、蓄熱時において低温側と高温側がはっきりと分かれており(グラフが切り立った状態)温度成層が計画通り良好に保たれていると評価できる。(略)

(2) 蓄熱槽流出入水の温度制御

蓄熱槽内を良好な温度成層に保つためにハード面では誘導配管・多孔ヘッダーを行いゆっくりと水を流すことで温度成層を形成させる。ソフト面では蓄熱槽に流出入する水温を制御することが重要である。図19冷水蓄熱時の温度制御フロー図の考え方を示す。図19に示すように冷凍機の出口温度が5℃となるように三方弁により入口温度を15℃に制御している。

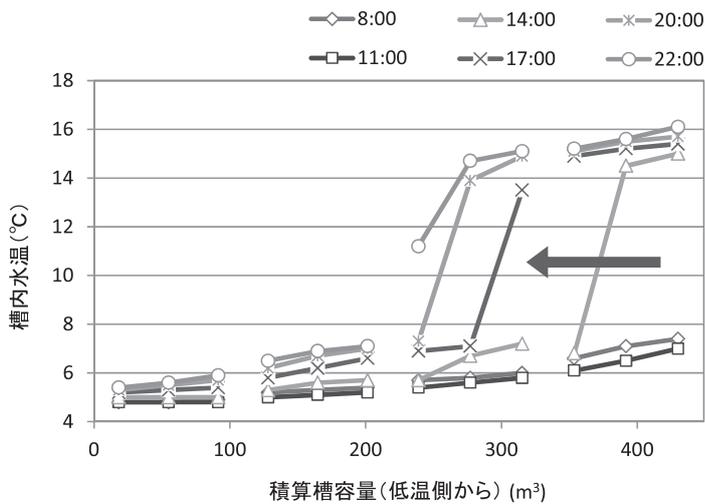


図17 放熱時の温度プロファイル (2011年8月10日)

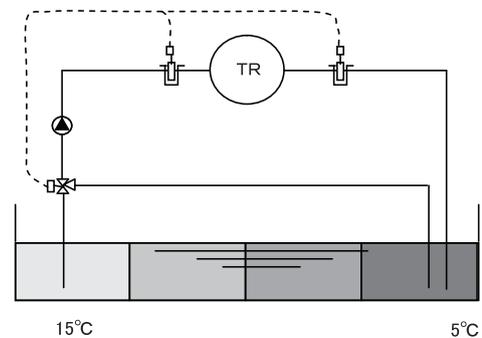


図19 冷水蓄熱時の温度制御フロー図

(3) 電力負荷平準化効果

運用検証の実測データによる電力負荷平準化の効果を以下に示す。

a. 熱源運転の夜間移行率

図21に年間の熱源の電力消費量と夜間移行率を示す。図21に示すように冬期・中間期は外気冷房などにより冷水使用量が少ないため夜間移行率が100%となっている。また、蓄熱槽は蓄熱槽の放熱ロスが少ないとホールの使用スケジュールに合わせて蓄熱量を決めるのは管理者の負担が大きいため常に満蓄にしておくようにした。その結果中間夜間移行率は1.0になった。7月は夜間移行率が0.8をきったが熱源運転の見直しにより8月は0.8以上となった。

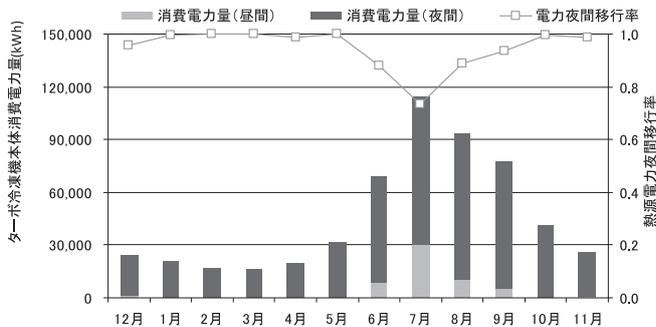


図21 年間の熱源の電力消費量と夜間移行率

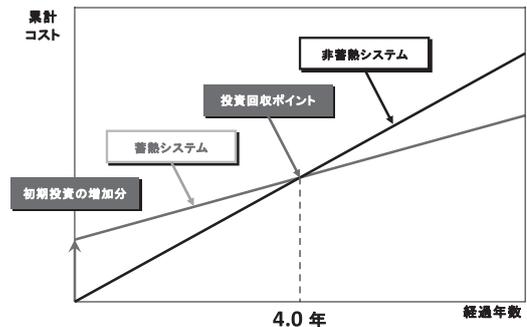


図26 コストパフォーマンスカーブ

5. 投資回収（省マネー）

運用検証による実測データにより経済性を評価した結果として図26にコストパフォーマンスカーブを示す。図26に示すように非蓄熱システムとした場合の勾配を黒い線で示しと今回応募した蓄熱システムとした場合の勾配を赤い線で示す。回収年数は蓄熱システム部分に要したイニシャルコスト100、省ランニングコスト25になったため $100/25=$ 回収年数4年とした。

6. 他の建物への応用性

ピーク電力負荷抑制が必要な状況の中、どのような建物にも適用が可能であり、建物の使い勝手に合わせて蓄熱式空調システムを応用可能である。

7. 環境保全、便利性等

(1) CO₂排出量

表3の熱源消費電力量を使用しCO₂排出量を算出した結果を以下に示す。

CO₂排出量換算値 電気(昼間・夜間とも) 0.374kg-CO₂/kWh 東京電力の数値による。

①冷水

昼間 73,446kWh \times 0.374kg-CO₂/kWh=27,469kg-CO₂/年

夜間 620,554kWh \times 0.374kg-CO₂/kWh=232,087kg-CO₂/年 A計 259,556 kg-CO₂/年

蓄熱なしとした場合（仮定）

1次エネルギー削減効果で計算した数値を採用する。

③冷水

751,795kWh \times 0.374kg-CO₂/kWh=281,171 kg-CO₂/年 … B

したがって、CO₂排出量の削減効果は

冷水 B-A=削減値21,615 kg-CO₂/年 → 削減率7.7%

8. 工夫した点、発想した点、創作した点、新しい点等、設備の特徴

- ①尖頭的な冷房ピーク負荷という特性のある複合建物に構造的に必要なピットを高効率な『直列連結式蓄熱槽』を適応させ最大限夏場の冷房ピーク負荷を削減し電力負荷の平準化を達成した。
- ②蓄熱効率を最大限高めるために冷水利用温度差を確実にとることに着目し二次側空調システムに工夫を凝らした。通常温度差のつきにくいファンコイルには還り温度制御弁、ホールにはスマートフロー、業務施設には大温度差送風など利用温度差を確保しやすい要素を盛り込んだ。
- ③一般的にはスペース・コスト的な制約が大きい水蓄熱槽であるが『直列連結式温度成層型水蓄熱槽』の構築により構造基礎梁空間を有効利用し必要とする蓄熱容量を確保した。また、蓄熱水槽は整形で同じ大きさの水槽とすることで施工の容易性にも貢献できた。
- ④中間期や夜間の低負荷対応として小流量ポンプを採用し低負荷でも利用温度差を確保し蓄熱効率を高める工夫をした。
- ⑤ビルコンΣにより竣工後の運用段階での検証によりシステムを評価した。電力負荷平準化などの効果確認と各種発表などによる蓄熱の確かな有効性について積極的に社会へ発信する。