コンビニエンスストア向け冷凍空調統合蓄熱システム

石山　　修（いしやま　おさむ）　　中山　伸一（なかやま　しんいち）　　藤本　裕地（ふじもと　ゆうじ）

1　まえがき

近年，24時間営業の代表であるコンビニエンスストア業界では，消費者のニーズに応えるため，常に新しい機器を導入している。現在，低圧契約電力の制限内で，より多くの機器を導入していくために，設備容量の低減に対する要求が強い。また，設備機器の省エネルギー化によりランニングコストの低減が進められているが，消費の低迷からさらなるランニングコストの低減が求められている。

一方，環境負荷低減にも積極的に取り組んでいることから，二酸化炭素放出量を削減するなど環境性の高い製品が求められている。

こうした要求に応え富士電機は，中部電力(株)と共同でコンビニエンスストア向け冷凍空調統合蓄熱システムを開発した。以下にその概要を紹介する。

2　背景と目的

現在，深夜電力利用によるランニングコスト削減および電力負荷平準化による設備容量の低減と二酸化炭素排出量の抑制で注目を集めている蓄熱システム（426ページの「解説」参照）は，一般の事務所や店舗などの空調設備に応用され着実に普及してきている。この空調用蓄熱システムは，通常，空調機を稼動させない夜間に空調機を稼動させて蓄熱槽に蓄熱し，昼間にその蓄熱を利用することで空調機の能力を高めるシステムである。しかし，コンビニエンスストアでは設備機器が24時間稼動しているため，蓄熱システムの構築が難しく，実用化が進まない状況にあった。そこで，24時間営業しているコンビニエンスストアでも蓄熱システムの効果が最大限生かせると同時に省エネルギー効果も得られる新しい蓄熱システムが必要となった。

3　コンビニエンスストア向け冷凍空調統合蓄熱システムの概要

コンビニエンスストア向け冷凍空調統合蓄熱システムは，空調機とショーケース冷却システムの両方を同時に蓄熱槽で熱的にコントロールし，設備容量の低減と省エネルギー効果を図った複合型蓄熱システムである。

3.1　コンビニエンスストアにおける負荷変動

24時間営業しているコンビニエンスストアにおいて，昼夜間でショーケースの負荷変動は少ないが，空調機の負荷変動は大きく昼間の負荷に対する夜間の負荷比率は約60％である。このことにより，夜間は空調機に余力ができ，蓄熱することが可能となる。

3.2　システム構成

コンビニエンスストアにおける設備機器の負荷変動からシステム構成は，**図1**に示すように冷凍機，ショーケース群，室外機，室内機，および統合蓄熱槽から構成される複合型蓄熱システムとした。蓄熱運転の管理と制御は，蓄熱コントローラが行う。

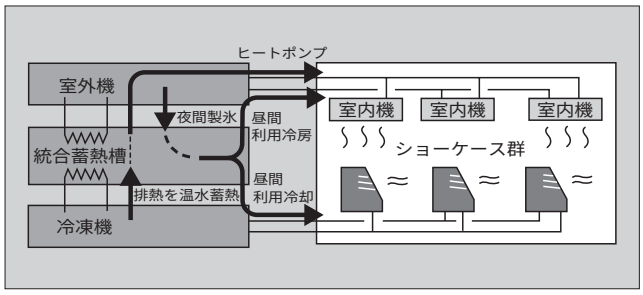
3.3　統合蓄熱システム運転方法

蓄熱システムの効果であるランニングコスト低減と設備容量低減，さらに省エネルギー効果が得られるようにショーケース冷却システムと空調機を運転するためには，**表1**に示すように，夏期，中間期，冬期で運転パターンを切り換える必要があり，その説明を以下に記述する。

3.3.1　夏期運転

夜間に余剰能力ができる空調機で蓄冷運転を行い，蓄熱

図1　システム構成



石山　　修

オープンショーケースを主体とした店舗管理システムの開発に従事。現在，三重工場開発第四部課長補佐。

中山　伸一

冷凍機制御の研究に従事。現在，(株)富士電機総合研究所機器技術研究所メカトロニクスグループ副主任研究員。日本冷凍空調学会会員，日本機械学会会員。

藤本　裕地

蓄熱システム設計，機器冷却技術の研究開発に従事。現在，(株)富士電機総合研究所機器技術研究所メカトロニクスグループ。

槽に製氷する。その氷を昼間に空調機とショーケース冷却システムの両方で過冷却の冷熱源として利用し，**図２**に示すように冷房能力および冷却能力を向上させる。

3.3.2　中間期運転

外気温度が比較的夏期に近い時期は，蓄冷運転を行うが，外気温度が低くなってくると蓄冷運転の効果が得られなくなるため，外気温度が低くなってくると自動的に非蓄熱運転に切り換える。

3.3.3　冬期運転

外気へ常に放熱しているショーケース冷凍機の排熱を利用して蓄熱運転を行い，蓄熱槽内の水を温水に変える。その温水を空調機の温熱源として利用し，**図３**に示すように空調機の暖房能力を向上させる。また，外気温度が高くなってくると蓄熱運転の効果が得られなくなるため，自動的に非蓄熱運転に切り換える。

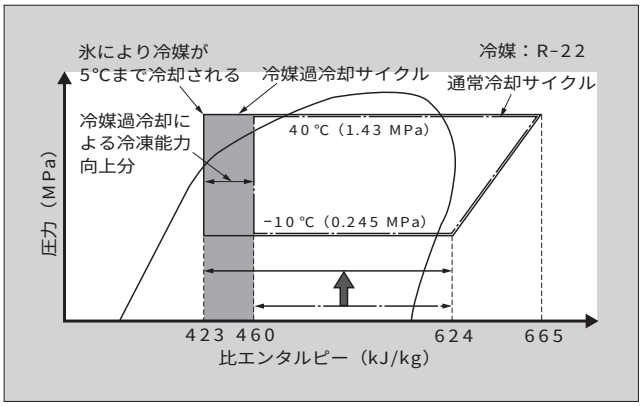
3.3.4　蓄熱コントローラの機能

蓄熱コントローラは時間情報（蓄氷，利用運転時間）と外気温度および蓄熱槽運転情報（水温など）を収集し，運転モードの判断を行った後，蓄熱槽へ冷媒回路切換用電磁弁のオンオフ情報を出力する。

表１　運転パターン

			22時	8時	12時	22時	備考（運転期間）
空調	夏期		蓄氷，通常冷房→通常冷房	通常冷房	利用冷房→通常冷房		7～9月
空調	中間期	蓄氷あり	蓄氷，通常冷房→通常冷房	利用冷房→通常冷房			5，6，10月
空調	中間期	蓄氷なし	通常冷房				3，4，11月
空調	冬期		利用暖房				12～2月
冷蔵	夏期		通常冷却		利用冷却→通常冷却		7～9月
冷蔵	中間期	蓄氷あり	通常冷却	利用冷却→通常冷却			5，6，10月
冷蔵	中間期	蓄氷なし	通常冷却				3，4，11月
冷蔵	冬期		排熱蓄熱または通常冷却				12～2月

図２　蓄冷利用運転サイクル図



4　コンビニエンスストア向け冷凍空調統合蓄熱システムの特徴

開発したコンビニエンスストア向け冷凍空調統合蓄熱システムの特徴を以下に記述する。

4.1　電力負荷平準化効果

夏期の１日の実店舗における蓄熱システムの消費電力量と，これとほぼ同一負荷における非蓄熱システムの消費電力量を比較した結果を**図４**に示す。昼間のピーク時間帯（12～16時）では空調機で34％，冷凍機で24％，合計で31％ものピークシフトが図れる。この結果，非蓄熱システムより空調機，冷凍機を１ランク小さくすることが可能となり，設備容量を約5kW低減できる。また，空調機，冷凍機を合わせた昼間の消費電力量が夜間に移行した比率（夜間移行率）は約15％になる。

4.2　省エネルギー

各月の実店舗における蓄熱システムの消費電力量と，こ

図３　蓄熱利用運転サイクル図

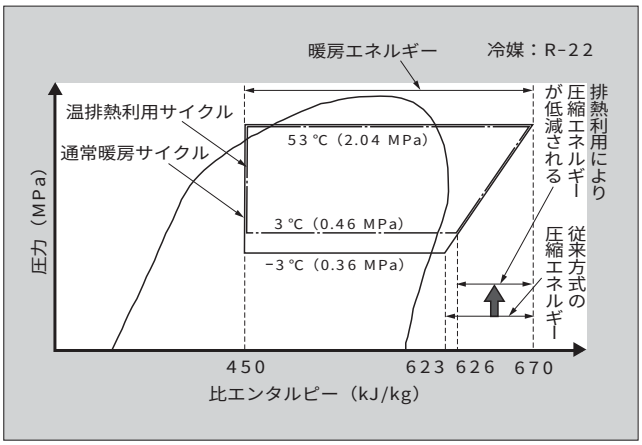


図４　１日の消費電力量比較

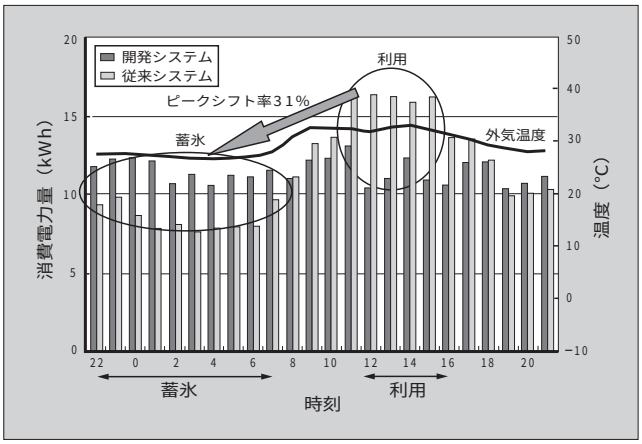


図５　年間の消費電力量比較

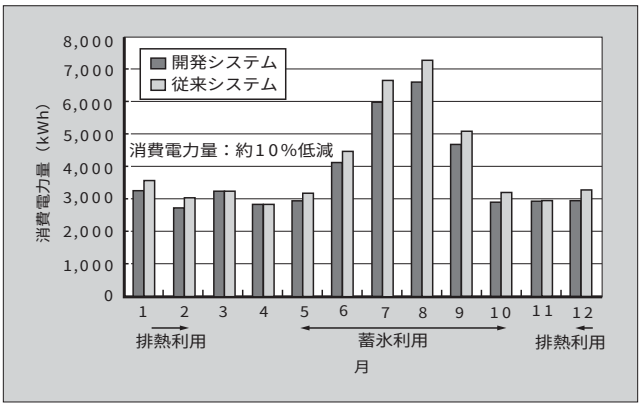
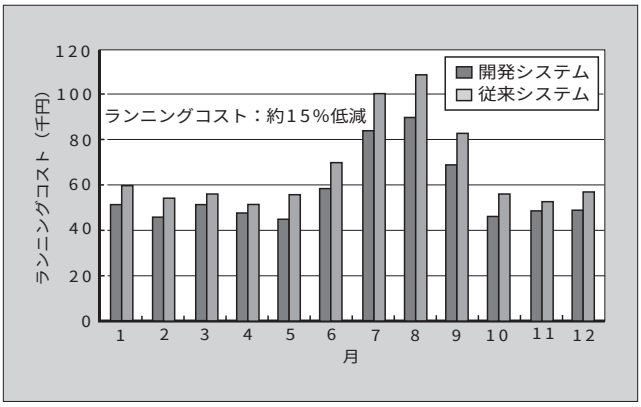


図６　年間のランニングコスト比較



れとほぼ同一負荷における非蓄熱システムの消費電力量を比較した結果を**図５**に示す。冬期でもショーケースは冷却運転を行っているため，冷凍機は常に外気へ放熱している。この排熱を有効利用して蓄熱槽の水を温水に変えて，空調機の暖房運転時の温熱源として利用することにより暖房運転効率が向上する効果と合わせて，年間で約 10 %の省エネルギー効果が得られた。これを電力確保のために要する二酸化炭素放出量に置き換えると約 10 %の削減効果となる。

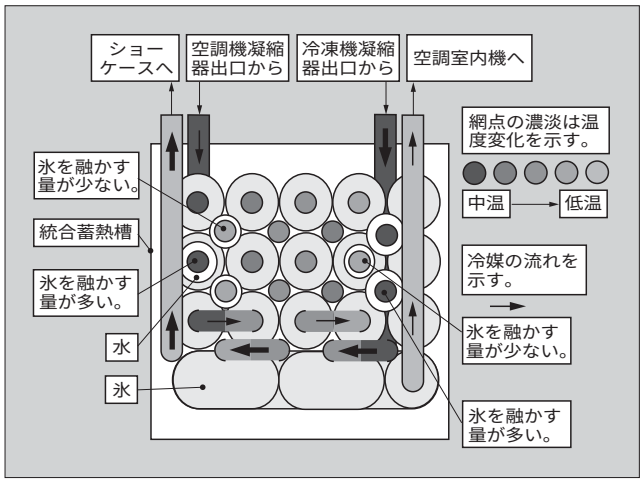
4.3　ランニングコスト低減

各月の実店舗における蓄熱システムのランニングコストと，これとほぼ同一負荷における非蓄熱システムのランニングコストを比較した結果を**図６**に示す。夏期および中間期は深夜電力利用と設備容量低減効果，冬期は省エネルギー効果と設備容量低減効果により年間約 15 %のランニングコスト低減が図られる。

4.4　統合蓄熱槽

一つの蓄熱槽内に空調機側配管とショーケース側配管を千鳥格子状に配置させるダブルコイル方式により，蓄熱槽を統合し小型化した。また，**図７**に示すように冷熱（蓄氷）利用運転時にはショーケース側配管内冷媒の流れを空調側配管内冷媒の流れと対向させることにより，蓄熱槽内の氷を均一に融かすことができ，効果的にブリッジングを防止

図７　ブリッジング防止の概念図



する。このブリッジングは夜間に製氷した氷を昼間にすべてを利用しきれない場合に氷が残ることにより発生し，蓄熱槽内配管の破損に至る場合があるため，残氷しないように対策する必要がある。

4.5　蓄冷利用運転制御

外気温度の推移から冷房負荷を予測し，氷の量に過不足が生じないように蓄冷利用運転開始時間を自動で調整させる制御方法を開発した。この制御は，夏期相当負荷と判断した場合に空調機と冷凍機の冷却能力不足が生じそうな状態から蓄冷利用運転を開始させることにより，ピーク時間帯に蓄冷利用運転ができなくなり冷房能力不足および冷却能力不足となることを防止する。また，中間期相当負荷と判断した場合に夏期の蓄冷利用運転開始時間よりも早めて蓄冷利用運転を開始することにより，蓄冷利用運転時間を長くして氷が残る状態を防止する。

4.6　蓄熱利用運転制御

外気温度の推移から暖房負荷を予測し，必要以上に蓄熱しないように蓄熱利用運転時間を自動で調整させる制御方法を開発した。この制御は，冬期相当負荷と判断した場合に冷凍機の排熱を利用した蓄熱利用運転を行い，中間期相当負荷と判断した場合に蓄熱利用運転を停止させ，通常の暖房運転をさせる。

5　あとがき

以上，コンビニエンスストア向け冷凍空調統合蓄熱システムの概要について述べた。コンビニエンスストアは，さらに環境を意識した施策を鮮明にする傾向にあり，店舗内設備機器システムも環境対応型となることが要求されている。

今後，より一層の環境対応型設備機器システムの開発に努力する所存である。最後に，開発に際し終始ご指導・ご支援いただいた関係各位に深く感謝の意を表す次第である。

e-Front runners

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。