

都市ガス冷房による電力ピークカット

Reducing Electricity Demand Peak with Gas Air-conditioning

渡辺 尚生*

Hisao Watanabe

1. はじめに

電力需要は今後とも堅調な伸びが予想され、近い将来の電力需給の逼迫が懸念されている。特に、夏期の冷房需要が夏期ピークの増大・年間負荷率の低下・昼夜間格差の拡大等をもたらしていることから、負荷平準化の対策が求められている。都市ガス冷房は、都市ガスを燃料とする冷房機器で冷房需要をまかなうものであり、電力負荷ピークを形成する夏期の冷房負荷を都市ガスにシフトする。夏期の電力の負荷平準化の観点から、都市ガス冷房による電力ピークカットへの期待は少なからぬものがあると考えられる。

一方、都市ガス事業にとっては、伝統的に冬期の暖房・給湯需要が主たる需要であり、夏期は不要期であった。ガス冷房は夏期に新たな需要を創出し、設備の負荷率改善に直接貢献することから、都市ガス事業者は冷房需要の開拓を積極的に行ってきたし、これからも進めて行こうとしている。

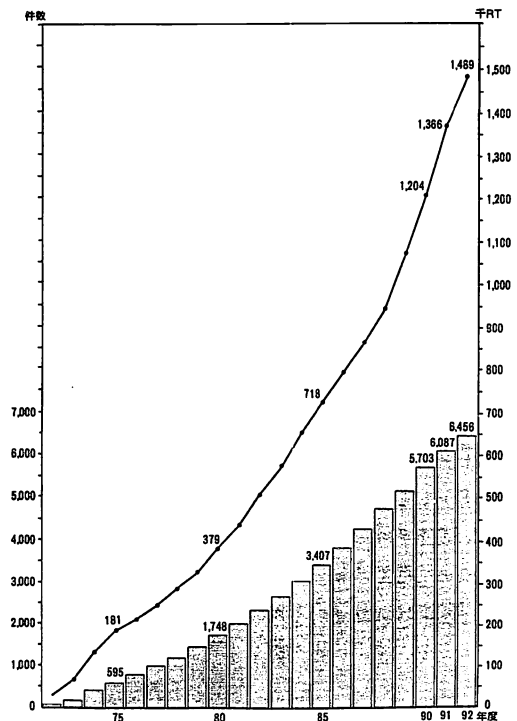
都市ガス冷房はこれまでのところ業務用大規模ビルを中心に普及が進んでおり、一般家庭では全くなじみがないためか、一部の専門家を除いては都市ガスで冷房ができること自体を不思議に思われる方も多いようである。この小論では、都市ガス冷房について理解を深めていただくため、その普及の現状と技術を紹介する。

はじめにお断りするが、ガス冷房は都市ガス事業者が電気空調と競合しながら必死に普及に努めているのが実状であり、都市ガス冷房は、「電力事業者が自ら需要を変化させようとして何らかの手を打つ」という意味での「デマンドサイド・マネジメント」ではない。

2. ガス冷房の普及状況

わが国における都市ガス冷房の最初のシステムは、1970年に東京ガスが蔵前国技館に設置した吸収冷凍機である。それ以来、都市ガス冷房の稼働規模は年々拡大してきており、1991年度末には、全国で約36,000システム、394万冷凍トンが稼働するに至っている。

東京ガス管内で見れば、1993年3月末時点で、6,456件、149万冷凍トンのガス冷房が稼働している。(図-1)冷房能力1冷凍トンは電気冷房のほぼ1kWとされており、首都圏ではおよそ149万kW、東京電力の最大発電能力約5,500万kWの2.7%に相当する発電能力が



(当社地冷分を含む)

図-1 ビル冷暖房 年度別件数およびRT数の推移

*東京ガス(株)技術企画部技術計画グループ副部長
〒105 東京都港区海岸 1-5-20

節約されていることになる。

この状況を、冷房需要におけるガス冷房のシェアで見ると以下ようになる。ガス冷房のシェアについては、東京ガス管内で三菱総合研究所が1990年度に調査した「冷房需要の新築ビルシェア調査」がある。これによれば、首都圏で1990年度に竣工した延べ床面積3,000平方メートル以上の大規模ビル272棟のうち、冷房容量で約40%がガス冷房を採用しており、さらにこのうち30,000平方メートル以上の超大型ビル21棟では、冷房容量で60%がガス冷房を採用している。なお、同年度における、既存の大規模ビル(延べ床面積3,000平方メートル以上)におけるガス冷房のシェアは約25%と推定されている。

これに対して、床面積3,000平方メートル以下の中小ビルや家庭用では、都市ガス冷房はほとんど普及していない。これは、これらの小型空調の分野では、電気空調、特に個別分散型電気式ヒートポンプが、工事の容易さ、機器価格の安さ等のためにガス空調に対して優位にあるためである。

このように、最近建築されている大規模ビルでは都市ガスが主要な冷房の熱源となっているが、小規模空調においてはガス冷房の普及は進んでいない。都市ガス事業者は、メーカーと協力して各種のガス冷房機器を開発することにより、大規模ビルにおける都市ガス冷房のシェアを維持・拡大するばかりでなく、小型空調の分野でも都市ガス空調のシェアを確立しようとしている。

3. ガス冷房の各種方式

ガス冷房のシステムには、いくつかの方式があるが、大別すると吸収式と圧縮式のふたつとなる。吸収式は、蒸発して冷房作用を果たした冷媒(水)を吸収剤で吸収して循環するシステム、圧縮式は、圧縮により冷媒を回収・循環するシステムである。

吸収式には更に、熱源として都市ガスの燃焼熱を直接用いる場合(直火式)と、ガス・ボイラーや、コージェネレーション・システムの排熱で蒸気が発生させて用いる場合(蒸気式)、その他の場合がある。また、圧縮式には、比較的小規模なガス・エンジン・ヒートポンプ、ガス・ヒートポンプ(GHP)と、大規模な地域冷暖房システムで用いられるターボ冷凍機がある。

吸収式：ガス吸収式冷凍機(冷温水機)

直火式

蒸気式

—ボイラーとの組み合わせ

—コージェネレーション・システムとの組み合わせ

圧縮式：ガス・エンジン・ヒートポンプ

GHP(小型)

ガス・ボイラー+ターボ冷凍機(超大型)

4. ガス吸収冷温水機

4.1 ガス吸収冷温水機の特徴

ガス吸収冷温水機は、都市ガスを駆動熱源とする吸収冷温水機である。現在日本で用いられているガス吸収冷温水機は、水を冷媒とし、臭化リチウム(LiBr)を吸収剤に用いるものがほとんどである。

欧米ではアンモニアを作動媒体とするアンモニア吸収冷凍機が古くから知られていたにもかかわらず、日本ではほとんど製造されなかった。しかし単効用の臭化リチウム吸収冷凍機が1960年に国産され、更に1966年に世界で初めて二重効用型、1968年に都市ガスの燃焼熱で直接臭化リチウム溶液を濃縮することにより冷水と温水を1台で発生できる直火式ガス吸収冷温水機が開発されるに及んで、わが国では急速に普及が進んだ。ガス吸収冷温水機は、

- (1) 冷水・温水を1台で供給できるため、ボイラーが不要となり設置スペースが小さく、また、運転のために有資格者を置く必要がない。
- (2) 開発以来ガス消費量の削減が進んでおり、割安な空調用ガス料金とも併せて、運転コストが低い。
- (3) 種々の用途に向けて品ぞろえがあり、使い勝手がよい。

等が大型ビルを中心に普及が進んだ理由である。

4.2 ガス吸収冷凍機の作動原理

最も単純な、単効用のガス吸収冷凍機について、吸収式による冷房の原理を説明する。ガス吸収冷凍機は、図-2に示すように蒸発器、吸収器、再生器、凝縮器で構成されている。

[蒸発器] 冷房のための冷水は蒸発器でつくられる。蒸発器は6mmHg程度の真空中に保たれているため、蒸発器中の冷水配管にたらされた水滴は、4℃程度で蒸発し、蒸発潜熱として冷水配管中の水から熱を奪う。これによって、7℃の冷房用冷水がつけられる。

[吸収器] 蒸発器で熱を奪って蒸発した冷媒の水は、吸収器に入る。吸収器では臭化リチウム溶液が降らせられ、冷媒蒸気を吸収する。吸収器で蒸気が吸収される

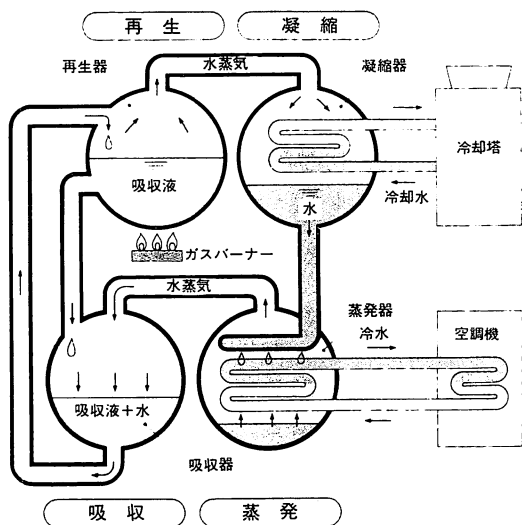


図-2 ガス吸収冷凍機の原理

ため、蒸発器は水蒸気で飽和することがなく、連続的に冷媒の蒸発で冷水を作り続けることができる。

〔再生器〕冷媒蒸気で吸収して濃度が下がった吸収液は、再生器に入り、ガス燃焼により暖められる。すると吸収されていた冷媒水が蒸発分離し、吸収液は濃縮される。濃縮された吸収液は吸収器へ戻される。

〔凝縮器〕再生器で発生した冷媒蒸気は、凝縮器で冷却され凝縮して、蒸発器へ戻される。蒸発器で冷水から奪われた熱は、凝縮器で冷媒が凝縮する際に冷却水に移され、冷却塔で外部に捨てられる。

このようなサイクルによって連続的に冷房が行われる。

吸収式の作動原理は以上の通りであるが、吸収式ガス冷房の経済性や利便性を増すため、様々なバリエーションが開発されてきている。

まず、二重効用吸収冷凍機の開発がある。上記の単効用の吸収冷凍機では、成績係数(COP)は最高で0.7程度である。COPの向上を図るため、再生器から出てくる冷媒蒸気が持つ熱に着目し、この熱を吸収液の濃縮に利用するように設計されたのが二重効用吸収冷凍器である。二重効用吸収冷凍器が開発されて以来、吸収式冷房機は技術開発が継続され、現在ではCOPが最高1.07のものまで開発されている。

また、冷房時に冷水を作るだけでなく、同じ機械でバルブ操作のみにより、暖房用の温水も作れるようにしたガス吸収冷温水機が開発され、1台の熱源機で冷房にも暖房にも対応できるようになったことも、普及を促した。

吸収冷温水機を用いた空調システムは、熱源を機械

室に集中したセントラル空調システムとして実現されるのが通例である。しかし、近年中小ビルを中心に個別空調システムへのニーズが高まっており、吸収冷温水機を用いて個別空調を実現するための制御システム(商品名Co-Co)が開発されている。Co-Coは、メーカーによって様々な形態があるが、次のような機能を持っている。

- (1) 複数の熱源機(ガスパックの場合が多い)を負荷に応じて台数制御し、経済的な運転を行う。
- (2) 個々のファンコイルユニット等の室内機からの個別運転・個別制御・個別計量を行う。
- (3) 個別またはグループ毎の室内機のスケジュール運転。

5. GHP

ガスヒートポンプエアコン(GHP)は、家庭用及び小型業務用ビル・商店等の小規模な空調需要に対応するため開発された、都市ガスを燃料とするエンジン(ガス・エンジン)で駆動されるヒートポンプ・パッケージである。冷媒としてR22を用いる直筒式の空調システムである。

GHPの開発は、通産省の補助金を得て、「小型ガス冷房技術研究組合」をガス事業者及びメーカー15社が結成し、1981年から1983年の3年間で進められた。その後、研究組合の開発成果を受けて1984年から1987年にかけて更にガス事業者及びメーカーの間で商品化開発を進め、1987年から本格的に販売を開始したものである。

現在、2馬力(冷房能力4,000Kcal/h)から30馬力(冷房能力71,000Kcal/h)までの範囲のシステムが商品化されている。

GHPは、暖房時にはエンジン排熱も熱源として利用できるため、同じ容量の圧縮機を用いる電気ヒートポンプに比較して約1.4~1.6倍の高い暖房能力を得られる他、以下のような特徴がある。

- (1) ガス・エンジンの排熱を回収して暖房に利用できるため、冬場の外気温の影響を受けにくく、立ち上がり早い。
- (2) 暖房時の霜取り(デフロスト)は、一部の機種を除いてガスエンジン排熱を利用して行うため、霜取り運転が不要となり、室内温度が低下しない。
- (3) エンジンの回転数制御による部分負荷制御を行うため、部分負荷時も全負荷時と同等以上の効率を維持できる。

(4) 補機の運転以外に電力を必要としないため、契約電力を低減できる。

6. コージェネレーション・システム

都市ガスによるコージェネレーション・システムは、ガス・エンジンまたはガス・タービン等を利用した自家発電システムに、原動機の排熱を利用するシステムを組み合わせ、電力と熱のふたつの有効エネルギーを同時に発生させるシステムである。通常有効に利用されずに廃棄される発電の排熱で熱需要をまかなうため、施設の電力需要と熱需要に適合した規模と特性をもったシステムを選択することにより、極めて高い総合熱効率が達成され得る。

ビル冷房へのコージェネレーション・システムの適用例としては、コージェネ・システムの電力でビルの照明・動力等の電力需要の一部をまかなうとともに、原動機の排熱で蒸気を発生させ、蒸気式吸収冷凍機を駆動して空調用冷水を発生させるシステム等が行われている。

1993年3月末現在、全国でガス・エンジン及びガス・タービンによるコージェネレーション・システムは、民生用で381件159,480kw、産業用で299件、1,110,155kwのコージェネレーション・システムが稼働中であるが、民生用のほとんどは、熱を冷暖房に利用していると考えられる。(地域冷暖房含む)

7. ガス地域冷暖房システム

地域冷暖房システムは、エネルギープラントで冷水・温水・蒸気等の熱媒を発生し、これを配管を通して一定地域内の複数のビルに必要なだけ供給し、それぞれのビルにおける冷暖房・給湯需要をまかなうシステムである。エネルギープラントにおける冷水・温水・蒸気等を発生させる熱源として都市ガスを用いるものがガス地域冷暖房システムである。現在全国104地点中3分の2がガスを熱源とするものになっている。

個別ビル毎に空調システムを設置する場合に対する地域冷暖房システムの特徴としては、大気汚染の防止、エネルギーの有効利用、スペースの有効利用、熱源の安定供給、都市災害の防止、省力化、等がある。

8. 家庭用超小型ガス冷房技術開発事業

家庭用に用いられる超小型のガス冷房機器を開発するため、資源エネルギー庁の補助金を受けて、(社)日本ガス協会が1992年度から4年間の計画で進めてい

る技術開発として、「家庭用超小型ガス冷房技術開発事業」がある。この事業では、リチウム系及びアンモニア系の吸収式、GHP式とヴィルミエ系の圧縮式の4方式についてメーカー11社が9グループに分かれて開発を進めている。

9. 都市ガス冷房の位置づけ

初めに述べた通り、都市ガス冷房に夏期の電力ピークカットの役割が期待されている。また、吸収式ガス冷温水機はフロンを用いない空調であることから、地球環境の観点からの役割も期待される。このようなことから、国もガス冷房の普及のための助成措置を実施している。

現在、「エネルギー需給構造改革投資促進税制」のもとでの優遇税制や、日本開発銀行や中小企業金融公庫からの低利融資、GHPの取得に関わる利子補給制度等が実施されている。

10. 今後の都市ガス冷房

現在、地球環境問題等の観点から、省エネルギーの重要性が改めて強調されているが、都市ガス冷房は、電力のピークカットには貢献するものの、電気冷房に比較して著しく省エネルギーなわけではない。冷房に関わる一次エネルギーを概算してみると、都市ガスの場合は、輸入された天然ガスをほぼそのままパイプラインで需要家に送り、そこでCOPが約1の冷房機器を稼働するので、必要な1次エネルギー量は約1である。これに対して電気の場合は、需要端までの発電効率をほぼ35%とし、需要家における電気冷房機器のCOPを約3とすれば、必要な1次エネルギーはやはり1である。 $(0.35 \times 3.5 = 1.05)$ すなわち、1次エネルギーベースでは、ガス冷房と電気冷房はほぼ互角の効率であると言える。

今後の都市ガス事業者がガス冷房を普及させていくに当たっては、省エネルギー性に優れ、使い勝手のよいシステムを開発していくのはもちろんのこと、このような事業形態をさらに発展させ、ビルの省エネルギー設計にまで踏み込んだサービスを展開していくことも考えられる。

単に電気空調に替わる空調機器を提供するだけでなく、ビルの空調負荷そのものを低減する手段を合わせて提供することができるようになれば、ガス冷房は省エネルギーの推進により効果的に貢献できることになるであろう。