

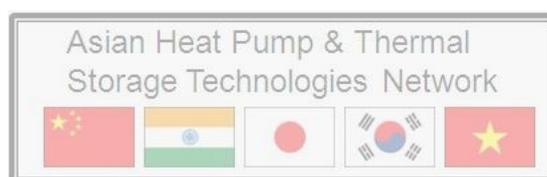
ASIAN HEAT PUMP & THERMAL STORAGE TECHNOLOGIES NETWORK

NEWSLETTER

**Heat Pump & TES's current situation in each country
(China, India, Japan, Korea, Vietnam)**

CONTENT

• ABSTRACTS	1
• HEAT PUMP MARKET AND TECHNOLOGIES IN REPUBLIC OF KOREA	3
• SAVING ENERGY BY UTILIZATION OF TES AIR CONDITIONING SYSTEM	9
• OVERVIEW ON COOL STORAGE INDUSTRY DEVELOPMENT IN CHINA	15



ABSTRACTS

大韓民国におけるヒートポンプ市場およびその技術

本論文は、化石燃料を使用して稼働する既存の暖房および空調設備への代替手段として注目を集めているヒートポンプの韓国における市場状況およびその技術開発の変化について報告すると同時に、将来的にCO₂排出量を削減していくなかで、韓国のヒートポンプ市場とその技術が持つ可能性について論ずる。

“蓄熱空調で節電中”

2011年3月に発生した大地震と津波の影響による原子力発電所事故に端を発し、日本国内は電力需給逼迫の状況に陥った。このような状況下でも、蓄熱システムを有する建物だけは、“節電（電力ピークの削減）”に協力しながら、しかも省エネルギーも随伴しつつ、しっかりと冷房が行えていたのである。加えて、災害時に蓄熱槽内水を生活用水や消防用水などに利用できる蓄熱システムの非常災害対策機能が改めて見直されている。省エネルギー機器として「ヒートポンプをアシストする“蓄熱式空調システム”」の効能、即ち、設備システムの効率化と省エネルギー効果、CO₂削減効果、電力負荷の平準化効果、防災時対応効果など、キチンと啓蒙すべき時機ではなからうか。

中国における蓄冷産業の発展に関する概観

近年、ピーク時とオフピーク時の価格差を利用することによって、「ピークシフト」や、送電系統負荷の平衡化、運用費用削減に優れた蓄冷空調システムが広く普及しはじめている。本論文では、現在の中国のエネルギーおよび電気に関する情勢の下で、蓄冷空調システムが国家と消費者に対し、どのように寄与しているかについて論ずる。また、中央政府および地方政府が実施する使用時間（TOU）に関する政策や蓄冷に対する奨励金政策について、工業規格の規約と併せて紹介する。また、主に水蓄熱や氷蓄熱で採用されている蓄冷空調技術の特徴についても紹介する。さらに、技術研究における最新の成果や、注目の話題も紹介する。そのうえで、システムを評価するうえでの妥当性と方法論に関する既存の問題をまとめる。また、支援システムおよび利用に関する将来の展開について提案する。

大韓民国におけるヒートポンプ市場およびその技術

Choi Jun-Young、大韓民国

要旨

本論文は、化石燃料を使用して稼働する既存の暖房および空調設備への代替手段として注目を集めているヒートポンプの韓国における市場状況およびその技術開発の変化について報告すると同時に、将来的に CO₂ 排出量を削減していくなかで、韓国のヒートポンプ市場とその技術が持つ可能性について論ずる。

はじめに

近年、国際エネルギー機関（IEA）は CO₂ の削減量を数値化するために、ヒートポンプに関する国家的な性能指標を評価する研究を推し進めている。また、それに基づいて省エネ量を数値化する動きも現れている。また、国際標準化機構（ISO）は、年間のエネルギー消費量を規定する通年エネルギー消費効率（APF）を規定することによって、政府や消費者にヒートポンプの実用性を訴え、その普及促進を図っている。

住居用、商業用、および公共建物が消費するエネルギーは、韓国全体のエネルギー消費量の約 24% を占める。環境に配慮した国づくりには、エネルギー消費量を低減させる必要があるため、エネルギー効率に優れた建物が絶対に不可欠である。建物内で最大のエネルギーを消費するのはエアコンで、韓国全体で消費する熱エネルギーの 28%、電気エネルギーの 13% を占めている。熱エネルギーの大部分は、住宅分野および建物分野（商業分野および公共建物分野）で消費されている（住宅分野：90%、商業分野：8%、公共建物分野：2%）。そのため、熱エネルギー消費の高効率化により、住宅分野と建物分野でのエネルギー利用の効率化が進めば、国レベルでの省エネや CO₂ 排出量の削減は確実に実現可能である。

建物内の冷暖房を高効率に行うヒートポンプは、既存の主な熱源装置の 1 つの代替手段と捉えられている。また、地球温暖化防止条約に対する重要な取り組みとして、ヒートポンプに関する技術開発の必要性やその市場も拡大してきている。このような状況を鑑みて、本論文は、化石燃料を使用して稼働する既存の暖房および空調設備の代替手段として注目を集めているヒートポンプの韓国における市場状況およびその技術開発の変化について報告すると同時に、将来的に CO₂ 排出量を削減していくなかで、韓国のヒートポンプ市場が持つ可能性について論ずる。

市場

近年、ヒートポンプ市場は世界的に活発化している。化石燃料に取って代わるエネルギー機器として注目を集め始めたヒートポンプは、ヨーロッパを中心として急速に普及している。2008 年には造船市場と同程度の 615 億ドルに相当する規模であったヒートポンプ市場は、その後急速な成長を遂げ、2012 年には 1700 億ドルまで拡大すると見込まれている。特に、ヒートポンプを利用した住居用暖房設備の世界市場は、毎年 53% 以上の猛烈な勢いで成長している。

このような市場の変化に合わせて、欧州連合（EU）はヒートポンプが利用する空気熱、地中熱、または水熱エネルギーを再生可能エネルギーに含める法案を採択した。また、フランスやベルギー、オランダなどの主要国はさまざまな補助金による助成を行うことで、ヒートポンプの普及を促進している。ヒートポンプ分野における世界最高の技術を誇る日本では、自然冷媒 CO₂ を用いた COP（成績係数）6 以上のヒートポンプ給湯器がすでに商品化されている。また、住居用ヒートポンプ給湯器エコキュートやヒートポンプ式温水床暖房など、さまざまな製品ラインナップで市場をリードしている。これは日本政府による積極的な支援と、民間企業の技術開発の成果である。

この市場に新規参入した韓国も、ヒートポンプ市場を拡大するためにさまざまな取り組みを進めている。しかし、近年のヒートポンプ市場の拡大とは裏腹に、国内市場は依然として低調である。

2008 年の時点で世界のエアコン市場で第 4 位の韓国のエアコン販売台数は 126 万台（空気対空気の住居用冷房限定機器）であったが、ヒートポンプのシェアはわずか 5% 程度という低水準であった。（図 1 参照）商業用 VRF（マルチ空調システム）市場に限っても同様である。

（図 2 参照）これを裏付ける主な理由として、人口のほとんどが繁華街の高層のアパートや分譲マンションに住んでおり、冷房には設置スペースを考慮してルームエアコンを好むことが挙げられる。現在のところ、消費者の需要に技術的な水準が追いついていない。その結果、ヒートポンプを敬遠する心理が働き、日本や中国とは異なった様相を呈している。それに加え、韓国では化石燃料を使用したボイラーによって生成された温水を循環させる伝統的な床暖房システム（オンドル）を住宅用の暖房として用いる文化がある。

国内の暖房市場では、従来住宅用のガスまたはオイル式ボイラーが 60% を占めてきたが、ヒートポンプ給湯器を使った暖房機市場は近年成長しており、2008 年には 6200 万ドル市場に拡大している。商業分野や産業分野においては空気対水、水対水、および水対ブラインのヒートポンプに対する需要がわずかに存在するものの、韓国市場では空気対空気のヒートポンプが優勢である。十分なデータが無いため、この市場を分析することは容易ではない。地中熱エネルギーを利用したヒートポンプは、再生可能エネルギーの利用促進を目的とした助成金を受けられるため、毎年着実に成長してきている。（図 3 参照）地中熱を利用したヒートポンプ市場は、学校や公共施設、商業施設の建物で採用されているため、水対水のヒートポンプが優勢である。

韓国の場合、電気料金は 20 年間かけて 25% 上昇してきた。一方、液化天然ガスや灯油の価格は急上昇している。現在のところ、電気やガス料金に関して累進制が適用されない商業および工業部門においてヒートポンプは十分な競争力を持ち合わせている。将来、原子力エネルギーの活用により電気への依存度が高まり、安定した電力供給が可能になれば、住居用ヒートポンプの競争力にも期待が持てる。

さらに、ヒートポンプに関する技術開発が進歩したり、環境への配慮に対する関心が高まったり、燃料価格の上昇により再生可能エネルギーの利用が拡大したりすることでエネルギー源の多様化が進むにつれ、ヒートポンプの市場シェアは劇的に拡大することが予想される。国内市場では、ヒートポンプは超高層ビルや商業ビル（レストランなど）のセクターで継続的に成長し、住宅分野ではボイラーの代替手段として 1 つの市場を形成すると期待できる。

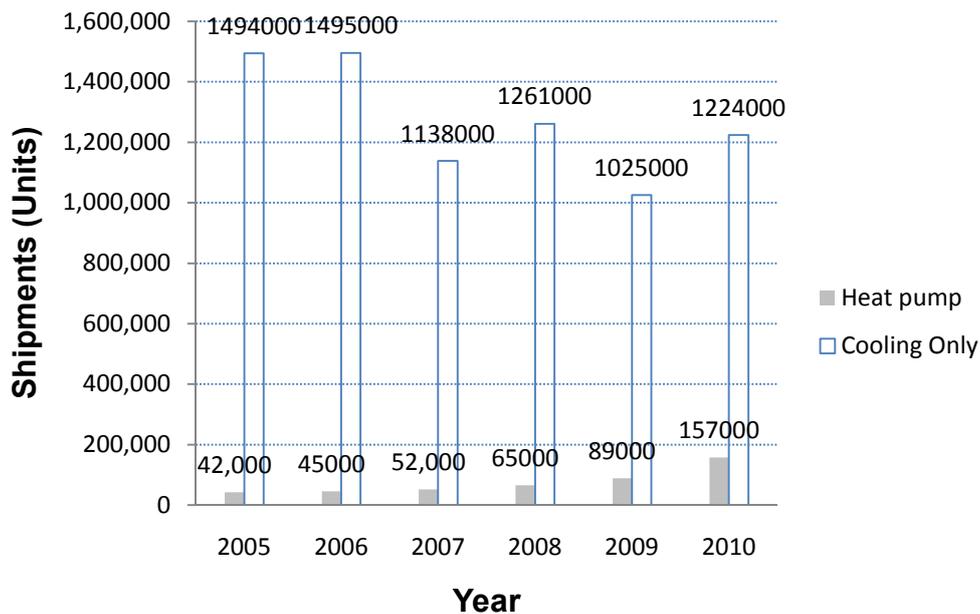


図1 住居用空気対空気ヒートポンプおよび冷房限定エアコン（冷却能力23kW未満）の出荷台数
 * 出典：KEMCO（韓国エネルギー管理公団）2011年度年次報告書

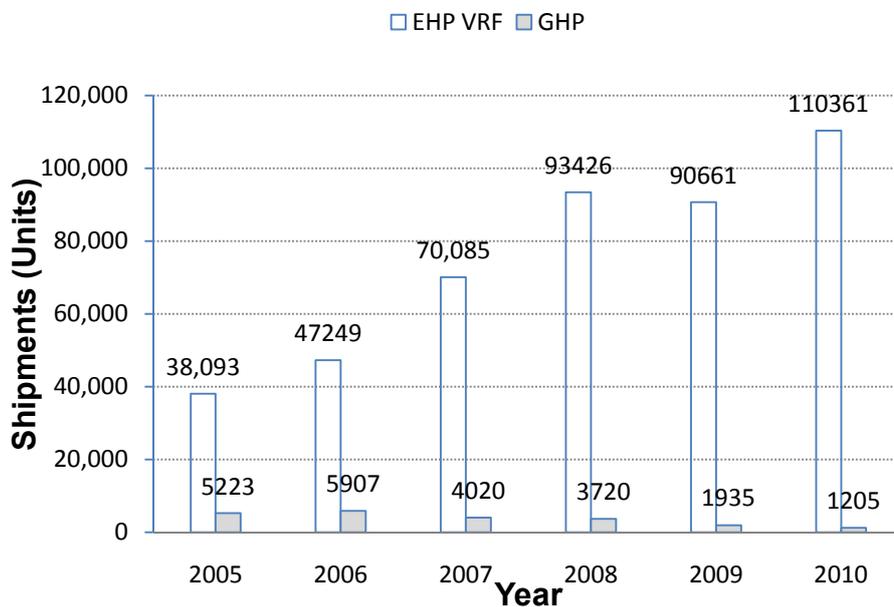


図2 EHP VRF および GHP の出荷台数
 * 出典：KRAIA（韓国冷凍空調工業会）2011年統計データ

注釈：EHP VRFとは、電気式ヒートポンプを使ったビル用マルチ空調システムである。
 GHPとはガス駆動式ヒートポンプである。

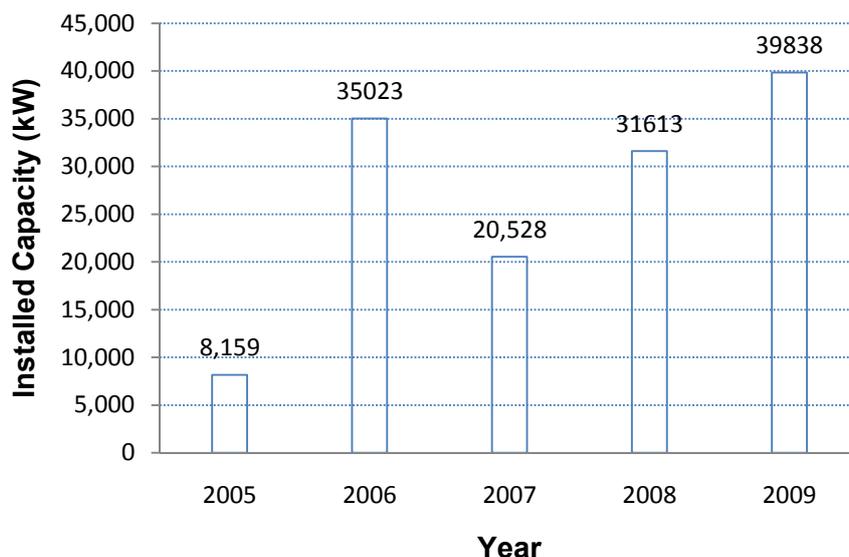


図3 地中熱エネルギーを利用したヒートポンプの設備容量

* 出典：REC（再生可能エネルギーセンター）2009年報告書

注釈：1RT = 3.5 kW

技術

現在に至るまで、環境に配慮した高効率なヒートポンプの技術開発は大きく進展してきた。また、コンプレッサー技術の研究開発、製品構成や熱交換器の改善、マイクロプロセッサの制御方法やソリューションも積極的に進められてきた。特に、ヒートポンプ給湯器の先端技術に対する投資やその開発に期待が寄せられるなかで、産業・大学・研究機関が連携した生産や研究開発の体系的な技術基盤が近年拡大しつつある。

政府が示した「自然エネルギー戦略に関するロードマップ 2011」のなかで、ヒートポンプ部門は「新しいコンセプトに基づいたヒートポンプを開発することによって、国内市場を拡大し、国際競争力を身に付ける」と定義されている。昨年までの普及率と技術水準はそれぞれ 90%、85%であったが、2030 年までにどちらも 100%まで上昇させることによって、世界市場におけるシェア 8%を 2030 年に 20%に引き上げることが目標である。単独の技術として CO₂の排出を著しく削減するヒートポンプは、既存の主な熱源システムに取って代わるエネルギー技術であることを政府は認識しており、地球温暖化防止条約に対する主な取り組みとして技術を開発する必要性も認識している。

ヒートポンプ産業の成長を促進することを目的に、ロードマップでは研究開発プログラムを商用化と純粋な技術開発に分けている。商用化で注力されているのは、「冷蔵、空調、および冷凍」を一括したヒートポンプシステムや、中容量の Air To Water (ATW) ヒートポンプシステムである。まず、VRF ヒートポンプの技術をベースとする大きなマーケティングチャンスを活かすとともに、「冷蔵、空調、および冷凍」を一括したヒートポンプシステムを開発することで国内市場を成長させ、国際市場を開拓することを目指す。市場や技術の側面からみても、国内供給に基づいて輸出戦略を立てられるような製品群の成長を促進する点、エネルギー効率を改善する点、さらには CO₂の排出を削減する点において、この戦略は一石二鳥ならぬ「一石三鳥」といえる。

中容量のATW製品群（「図4」を参照）については、将来的にその市場や技術の大きな成長が予測されていると同時に、再生可能エネルギーを利用するため、環境保護や省エネルギーの観点からも奨励されている。この計画は、一次エネルギーを使用するボイラーや冷凍機の組み合わせによる既存の冷暖房システムに取って代わる、ATWヒートポンプの商用化も視野に入れる。それと同時に、本来の技術開発にも焦点が当てられる。長期的にみれば、廃熱回収や工業において利用できる「中容量の温水多段圧縮ヒートポンプシステム」や「潜熱蓄熱を利用したヒートポンプシステム」はヒートポンプ市場において重要性を増すからである。またロードマップでは、ヒートポンプ産業の強化を目的とした法令の具体的な改善策が提案されている。そのなかには、再生可能エネルギー機器や高効率な家電の等級分けして、高効率なヒートポンプ製品に奨励金を出したり、そのような設計を採用した製品には追加助成を行ったりすることが盛り込まれている。また、高圧ガスの安全管理に関する法令において、冷凍庫の安全作業員を指定対象から除外することなども含まれている。

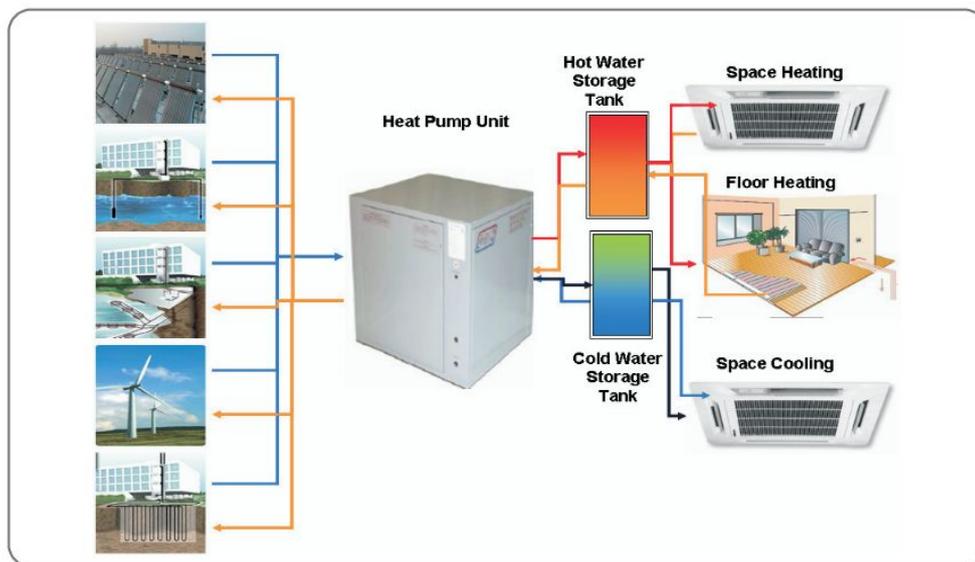


図4 混成の熱源を持つ高効率ヒートポンプ給湯器

* 出典：KETEP（ヒートポンプの活用に対する自然エネルギー戦略ロードマップ）2009年報告書

結論

韓国におけるヒートポンプ市場は比較的小規模であるものの、現在、政府はヒートポンプを新たな成長の原動力となる製品の1つとして位置づけ、自然エネルギー産業の成長促進と歩調を合わせながら市場を拡大することによって、気候変動やエネルギー問題に対応しようと努力している。将来的には、ボイラーの代替手段への需要が高まるなかで、ヒートポンプ市場は成長していくであろう。また、住居用の利用だけでなく、産業の場でも利用されることで、市場の大きな将来性が期待できる。政府は、自然エネルギー戦略ロードマップに15ある自然エネルギー部門の1つにヒートポンプを位置づけることで、技術開発の支援や、ヒートポンプの機器やシステムに関する性能や規格、品質、試験の認証の体系化に取り組んでいる。この取り組みが実を結べば、地球温暖化防止条約に対する主な取り組みとして国内では非常に大きな効果があるばかりでなく、輸出に特化した産業へと成長させることで、国際的に競争力のある産業にもなり得るであろう。

参考文献

Choi Jun-Young、2011 年、『ヒートポンプ市場の成長による CO₂排出量削減への影響』、KSME 定期刊行物、5 月 5 日発行第 51 巻 45-48 頁、韓国ソウル

再生可能エネルギーセンター、2009 年、『2009 年再生利用エネルギー戦略報告書』、再生可能エネルギーセンター、韓国ヨンイン

Cho Keumnam、ChoiJun-Young ほか、2011 年、『高エネルギー効率設備プログラムの実施に向けた VRF(マルチ空調システム)に関する研究』、SAREK、韓国ソウル

KETEP、2009 年、『ヒートポンプの活用に対する自然エネルギー戦略ロードマップ』、KETEP、韓国ソウル

“蓄熱空調で節電中”

射場本 忠彦 <Tadahiko Ibamoto>
 東京電機大学 常務理事 未来科学部 教授
 HPTCJ 蓄熱専門委員長

概要

2011年3月に発生した大地震と津波の影響による原子力発電所事故に端を発し、日本国内は電力需給逼迫の状況に陥った。このような状況下でも、蓄熱システムを有する建物だけは、“節電（電力ピークの削減）”に協力しながら、しかも省エネルギーも随伴しつつ、しっかりと冷房が行えていたのである。加えて、災害時に蓄熱槽内水を生活用水や消防用水などに利用できる蓄熱システムの非常災害対策機能が改めて見直されている。省エネルギー機器として「ヒートポンプをアシストする“蓄熱式空調システム”」の効能、即ち、設備システムの効率化と省エネルギー効果、CO₂削減効果、電力負荷の平準化効果、防災時対応効果など、キチンと啓蒙すべき時機ではなかろうか。

はじめに

一枚の写真をご覧頂きたい。(図1)

「蓄熱空調で節電中」「この建物は、夜間に蓄えた冷熱で冷房を行うことで昼間のピーク電力を削減しています」とある。

これは筆者の提案で HPTCJ が作成し、蓄熱システムを導入している建物に配布したステッカーである。

以下に、このステッカーの意味する背景を説明し、日本における蓄熱システムの状況の一端を紹介する。



図1：蓄熱空調で節電中

東日本大震災の発生

2011年3月11日14時46分18秒（日本時間）、日本の東北地方・仙台市の東方70キロの太平洋の海底を震源とする、日本周辺における観測史上最大の大地震が発生した。

この地震により、場所によっては波高10m以上、最大遡上高40.1mにも上る巨大津波が発生し、壊滅的な被害が発生した。また、巨大津波以外にも、地震の揺れや液状化現象、地盤沈下、ダムの決壊など、広大な範囲で被害が発生し、各種ライフラインが寸断された。

2013年7月10日時点で、震災による死者・行方不明者は18,550人、建築物の全壊・半壊は合わせて39万8,711戸が公式に確認されている。震災発生直後のピーク時においては、避難者は40万人以上、停電世帯は800万户以上、断水世帯は180万户以上等の数値が報告されている。(Wikipedia情報を元に作成)

地震発生後の日本での電力事情

この地震と津波の影響により東京電力の福島第一原子力発電所では炉心溶融など一連の放射性物質の放出を伴った原子力事故が発生した。このことにより、東京電力管内では一般住宅を含む“計画停電”が半月に渡り実施された。また夏季の電力危機を避けるため東京電力と東北電力の管内では、契約電力500kW以上の大口需要家については、法律に基づき最大

電力を前年度夏季より15%削減するよう求める強制措置“電力使用制限令”が約2ヶ月に渡り発動された。その結果、生産活動は言うまでも無いが、多くの建物でも冷房使用を大幅に抑制せざるを得ない状況に至った(図2参照)。

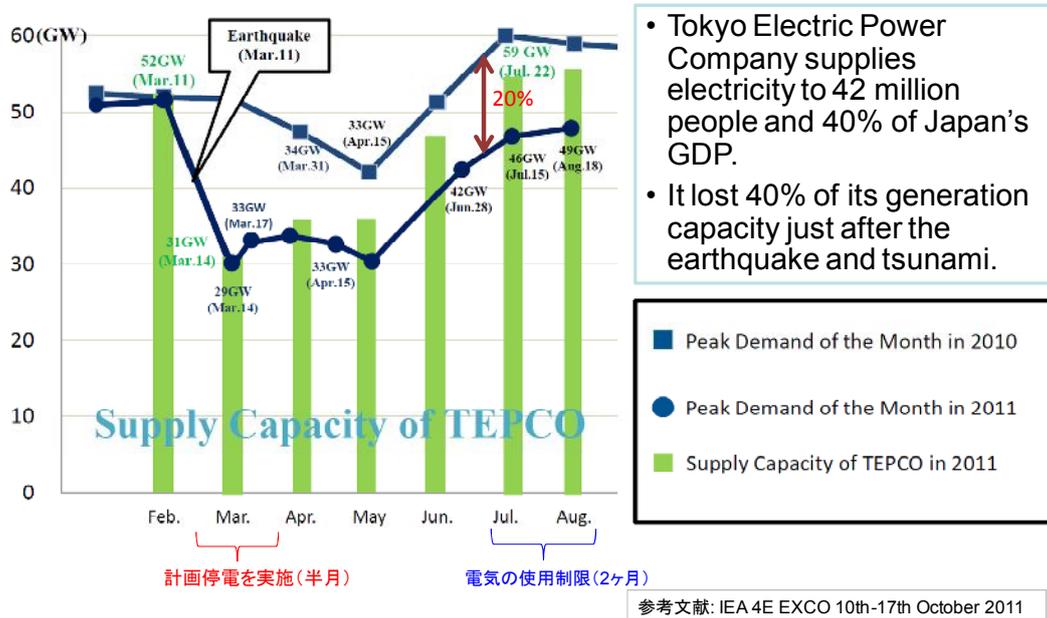


図2 震災後の東京電力の供給力確保状態

その後、安全面の不安などの社会状況を背景に、定期点検時期を向かえた発電設備毎に、日本国内の原発は順次停止していった。2012年5月には国内の原発50基はいったん全て停止し稼働原発ゼロの状態となった。しかし、関西電力管内で電力不足の懸念が高まり、2012年8月に大飯3、4号機のみを再稼働させたが、この9月を期限に運転を停止する予定である。この再稼働も他のすべての原発と同様、規制委員会の安全審査をクリアした後、政府が決定することになっている。本年8月の各電力会社の需給見通しと予備率を図3に示す。

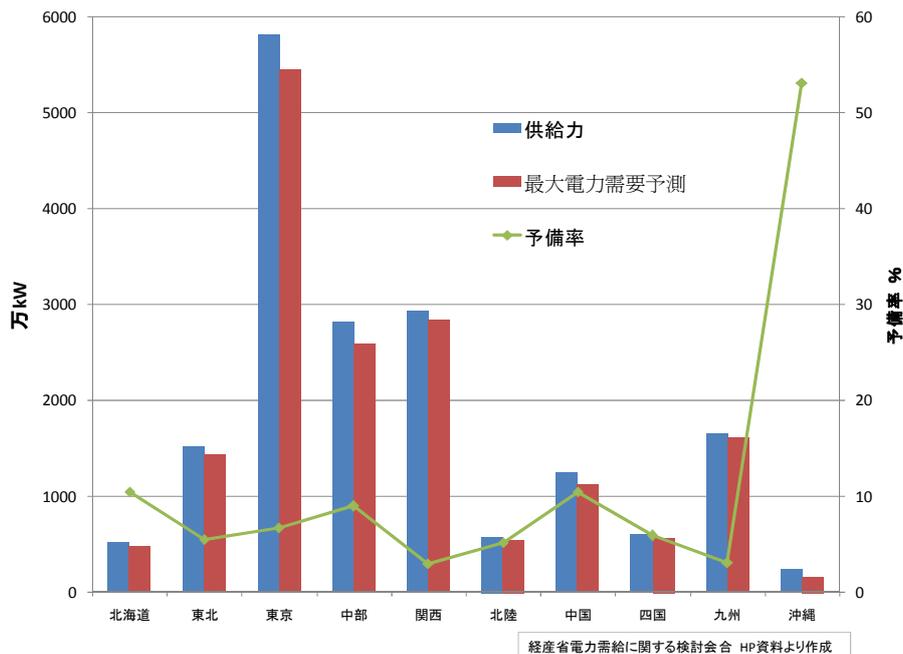


図3 2013年8月の電力需給の見通し(各電力会社別)

蓄熱空調の果たす役割

前述のような電力需給の逼迫した状況下でも、蓄熱システムを有する建物だけはしっかりと冷房が行っていた。蓄熱システムを有する建物を訪れた人々が抱く疑問、“なぜこの建物は冷房しているのだ?”、“電力使用制限令を守っていないのではないか?”など、言わば、非国民的なそしりからの回避を先のステッカーは意図したものである。言うまでもなく、それ以上に“節電（電力ピークの削減）”に協力しながら、しかも省エネルギーを随伴しつつ、しっかりと冷房が行なっている事実を広く知ってもらいたいことの方が本意である。

図4は、ヒートポンプ蓄熱システムを有する建物の中から、大震災前と後の計測データを保有している複数の事例を選択し、“節電効果のビフォー・アフター”を示したリーフレットの抜粋である。このように（蓄熱システムを有する建物では電力負荷低減が可能な）事実を広く建物オーナーを含む関係各所に知ってもらうため、HPTCJで作成し配布した。多くのエンジニアは、理屈としては蓄熱システムの効用を理解していても、データに基づく効用を知るチャンスは余り持ち合わせていない(かった)のが事実である。電力のピーク抑制と言った現実に直面した折に実績を見せられると、そのインパクトは大きいであろうとの目論見である。

用途：事務所
ヒートポンプ・蓄熱システム導入事例

蓄熱システム種別
空調(水蓄熱)

ピーク電力
14%低減

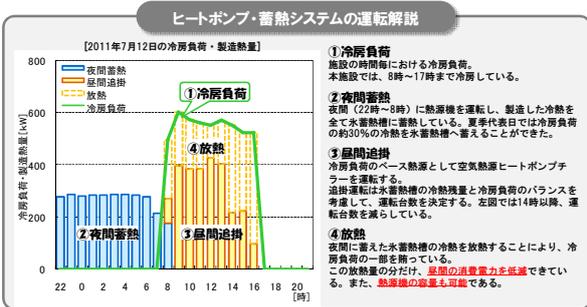
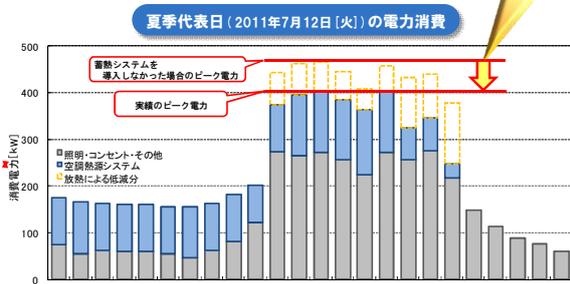
調布市さま
調布市庁舎（東京都調布市）

◆ 延床面積 14,123㎡
◆ 階数 地上8階、地下1階

用途：事務所
ヒートポンプ・蓄熱システム導入事例

調布市さま 調布市庁舎（東京都調布市）

夏季昼間ピーク電力の約14%低減!!



熱源システム概要

[システム図]

本施設では、夜間に2台の空気熱源ラインヒートポンプチラー（BHP-1～2）が稼働して内融式の水蓄熱槽に冷熱を蓄熱し、昼間はこの水蓄熱槽の冷熱と2台の空気熱源ヒートポンプチラー（AHP-1～2）により冷房を行っている。この蓄熱システムにより、夏季冷房期間であっても、空気熱源ラインヒートポンプチラー（BHP-1～2）が昼間に追掛運転を行うことなく冷房負荷を賅うことができる。この蓄熱システム運用により、2011年夏季の夜間移行電力量は施設全体の11%となった。

[機器一覧表]

機器名称	台数	仕様
空気熱源ヒートポンプチラー AHP-1～2	2	冷却能力 205 kW 加熱能力 236 kW
空気熱源ラインヒートポンプチラー BHP-1～2	2	(夜間蓄熱) 冷却能力 149 kW (昼間追掛) 冷却能力 190 kW 加熱能力 225 kW
水蓄熱槽	1	槽容量/蓄熱容量 65 m ³ /2,222 kWh

おこさま概要

新宿副都心から西へ約15kmの多摩地区南東部に位置する調布市は、武蔵野の歴史と数々の史跡を持ち、豊かな自然に恵まれた文化都市である。

調布市では温暖化対策への取り組みに特に力を入れており、本蓄熱システムも2006年4月に開始された、調布市庁舎と文化会館“たづくり”の2施設を対象とした調布市第1号ESCO事業のメイン設備として導入した。

このESCO事業は市庁舎で11種類、文化会館“たづくり”で14種類の省エネ手法を導入し、高い省エネ性や事業パフォーマンス性が評価され、国内の優れたESCO事業として、2007年度に最高の「金賞」を受賞した。

HEAT PUMP 蓄熱センター

用途：事務所
ヒートポンプ・蓄熱システム導入事例

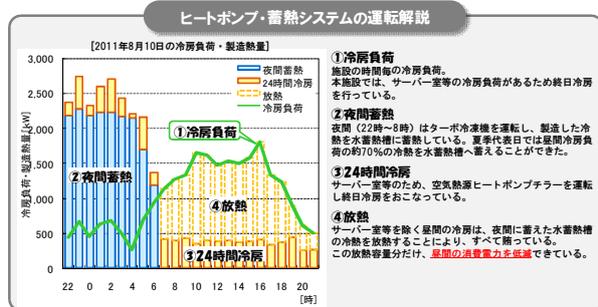
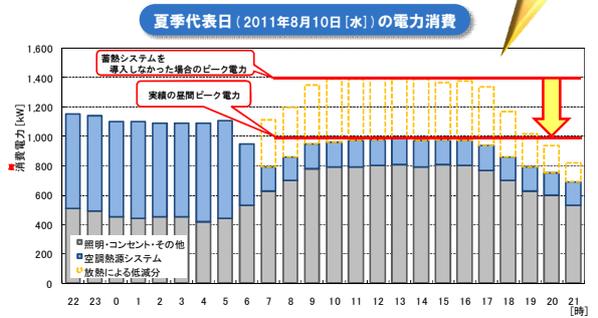
蓄熱システム種別
空調(水蓄熱)

ピーク電力
29%削減

電源開発株式会社さま
電源開発本社ビル（東京都中央区）

延床面積 34,326㎡
階数 地上16階

夏季昼間ピーク電力の約**29%低減!!**

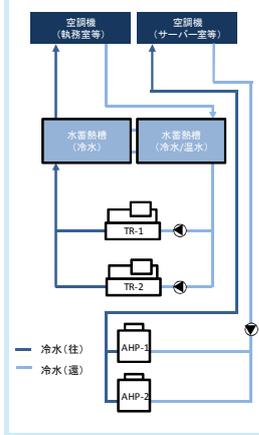


用途：事務所
ヒートポンプ・蓄熱システム導入事例

電源開発株式会社さま
電源開発本社ビル（東京都中央区）

熱源システム概要

【システム図】



本施設では、ターボ冷凍機2台と空気熱源ヒートポンプチャラー2台を保有しており、夏季にはターボ冷凍機で蓄熱し、執務室の冷房に使用している。空気熱源ヒートポンプチャラーはサーバー室等の冷房を行っており、24時間運転している。冬季には、ターボ冷凍機（TR-1）の排熱と空気熱源ヒートポンプチャラーによって温水蓄熱を行う。

2011年夏季の空調運転では、蓄熱を最大限活用してピーク電力削減を行うため、従来より蓄熱槽の利用温度差を拡大して運用することで、サーバー室系統を除く昼間の冷房をほぼすべてを蓄熱でまかなうことができた。

【機器一覧表】

機器名称	台数	仕様
ターボ冷凍機（熱回収） TR-1	1	冷却能力 1,230.7kW 加熱能力（熱回収時） 1,411kW
ターボ冷凍機 TR-2	1	日中冷却能力 1,266kW
空気熱源ヒートポンプチャラー AHP-1～2	2	冷却能力 315kW 加熱能力 315kW
水蓄熱槽（冷水）	1	槽容量 1,200m ³
水蓄熱槽（冷水/温水）	1	槽容量 1,300m ³

お客さま概要

電源開発本社ビル（通称でんぱつビル）は東京メトロ・都営地下鉄東横線駅より徒歩3分に位置しており、電源開発株式会社の本社として1957年に建設された。
省電力事業として低電圧かつ安定した電力の供給や全国大での基幹送電線の建設運用などを行う電源開発の本社ビルとして、空調の快適性を維持しながら省エネやピーク電力削減に積極的に取り組んでいる。

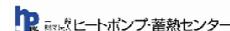


図4 蓄熱システムによる電力昼間ピーク低減の例

緊急提言

また、HPTCJ ではホームページ上で【緊急提言】『東日本大震災に伴う節電・省エネ対策のための“蓄熱システムの有効活用”について …… 併せて 健康的環境保持の基本原則に関して』を公式発表している（図5参照）。

提言は、「1.省エネ・節電生活に対する環境工学の視点からの前提条件」、「2. 省エネ設定温度 28℃適用の限界を認識すべき」、「3. 蓄熱システムのメリットを再認識すべき」の構成である。

そのなかでは、

- ①基本として健康的住環境を保持することを前提に、緊急避難的に快適性を軽視せざるを得ないときにも、人体行動調節（着衣調整）を含めた健康的環境の原理の下に政策と実務とを展開すべきであること。
- ②省エネルギーとCO2排出量削減の普遍性は当然として、緊急避難時と常態とを区分けし、自然エネルギー・再生可能エネルギーに対する過度な期待は戒めること。

【緊急提言】

東日本大震災に伴う節電・省エネ対策のための「蓄熱システムの有効活用」について併せて、健康的環境保持の基本原則に関して

2011.3.11 東日本大震災以降、日本は今までがない電力供給不足問題に直面しており、その対策として更なる省エネ・節電を推進し進めることが急務である。また、省エネ・節電生活において住環境が軽視されがちだが、電力供給不足問題が長期的課題であることを考え、健康的環境を保持する前提を忘れてはならない。

一方、蓄熱システムは、空調にかかる昼間の電力を削減するだけでなく、熱のバフファウンクとしての役割も果たすため、健康的環境を損なうことなく、エネルギー高効率利用に対しフレキシブルな運用が可能である。

本緊急提言では、省エネ・節電生活における環境工学としての前提条件を精査し、蓄熱システムの良さを改めて紹介すると共に、より有効に蓄熱システムを活用するに当たっては、良いか具体策を提示している。

いよいよ迫りくる2012年夏に備え、更なる省エネ・節電の一助となれば幸いです。

ヒートポンプ・蓄熱センター

図5 【緊急提言】

- ③熱の需要と供給の量的あるいは時間的バランスを調整できる蓄熱システムのメリットを再認識すべきこと。
 などを説いている。

防災面での利用

加えて、蓄熱システムのエネルギー的側面以外の効用が、大震災を経験して以来改めて見直されている。即ち、災害時に蓄熱槽内水を便所洗浄用水や消防用水などへ利用する展開である。災害時における蓄熱槽利用のイメージを図6に示す。

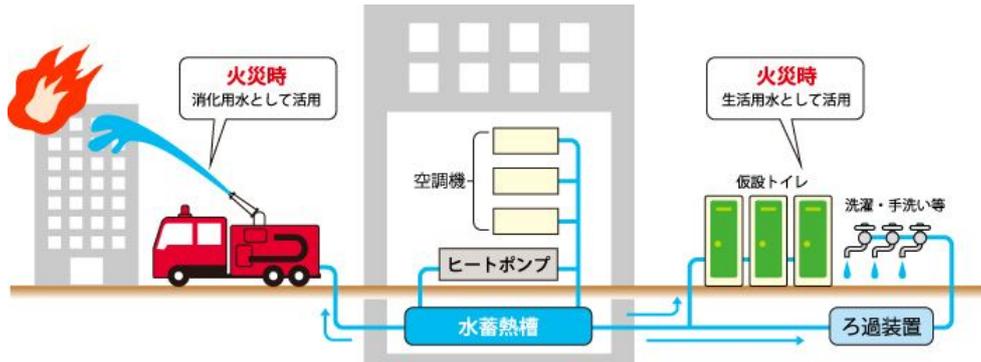


図6 蓄熱槽の緊急時利用イメージ

図7は筆者が勤務する大学キャンパスに導入された連結縦型蓄熱槽である。通常は縦型蓄熱槽として分散ポンプによる搬送動力の削減などを行いながら電力ピークを抑え、効率よく冷暖房の用に供されるものであるが、災害時には図8のスキームに示すように教室棟（トイレ数が多い、防災避難所として想定）へ、重力のみで蓄熱槽内水を雑用水として供給できるものである。なお、下水道が不能となった場合には汚水を貯留することも配慮してある。



図7 連結縦型蓄熱槽

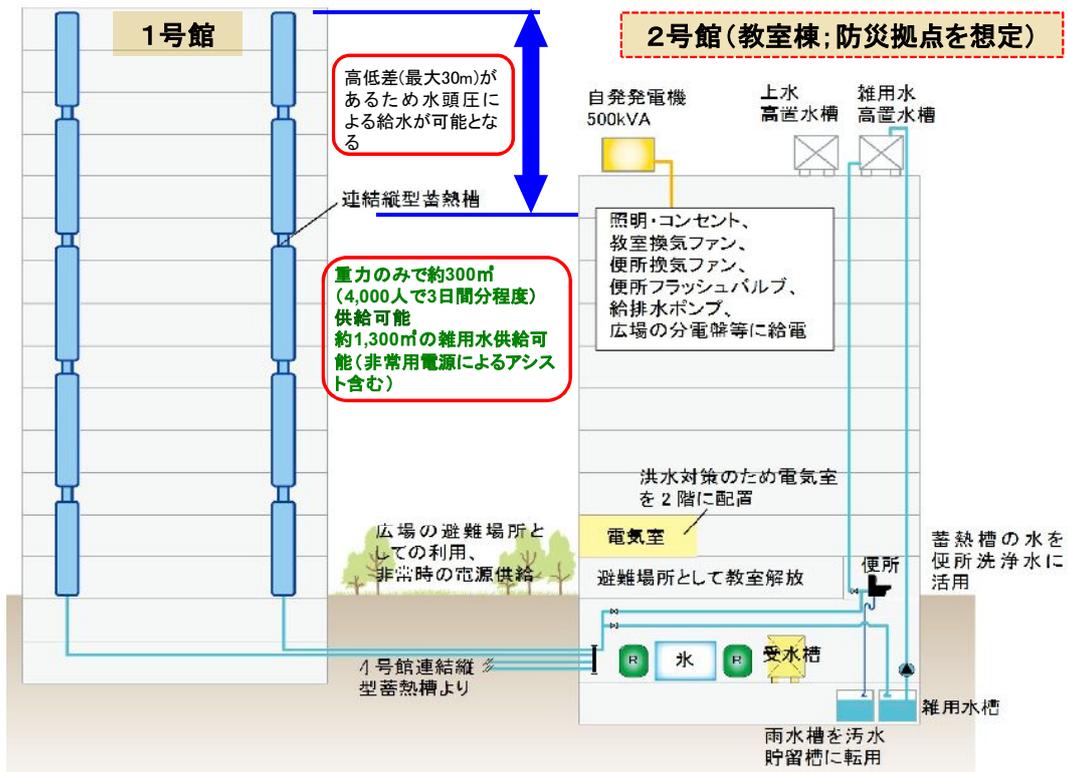


図8 蓄熱槽の緊急時利用スキーム (東京電機大学千住キャンパス)

結論

以上、大震災時発生時およびその後の状況を記載したが、省エネルギー機器として「ヒートポンプをアシストする“蓄熱式空調システム”」の効能、即ち、設備システムの効率化と省エネルギー効果、CO2削減効果、電力負荷の平準化効果、防災時対応効果など、地に足を付けて深慮すべき時期と考える。

参考文献

経済産業省 電力需給に関する検討会合 資料

一般財団法人ヒートポンプ蓄熱センター 発刊パンフレット

中国における蓄冷産業の発展に関する概観

Wei Xu, Zongyu Sun, Huai Li, 中国

要旨

近年、ピーク時とオフピーク時の価格差を利用することによって、「ピークシフト」や、送電系統負荷の平衡化、運用費用削減に優れた蓄冷空調システムが広く普及しはじめている。本論文では、現在の中国のエネルギーおよび電気に関する情勢の下で、蓄冷空調システムが国家と消費者に対し、どのように寄与しているかについて論ずる。また、中央政府および地方政府が実施する使用時間（TOU）に関する政策や蓄冷に対する奨励金政策について、工業規格の規約と併せて紹介する。また、主に水蓄熱や氷蓄熱で採用されている蓄冷空調技術の特徴についても紹介する。さらに、技術研究における最新の成果や、注目の話題も紹介する。そのうえで、システムを評価するうえでの妥当性と方法論に関する既存の問題をまとめる。また、支援システムおよび利用に関する将来の展開について提案する。

中国における建造物のエネルギー消費量および電力需要について

電力消費量と電気設備容量は、都市化および工業化の水準の上昇にともない、急速に増大している。2000年に1兆3500億kWhであった総電力消費量は、2010年には約4兆1900億kWhへと増加した。また、2002年末に3億5700万kWであった総電気設備容量は、2008年末には7億9200万kWへと増加した。年間平均発電量についても、7000万kWから2011年には10億5000万kWへと増加した。

電気設備容量の急速な増加にともない、広範囲に及ぶ電力不足はある程度軽減されてきている。しかし、電力需要の増加や電力消費構造の変化が影響し、送電系統の負荷率が低かったり、ピーク時に電力が不足したり、逆にオフピーク時の電力利用が不完全だったり、電力不足の問題は依然として存在する。

電力消費構造を分析すると、2011年の建造物の電力消費はわずか21%であるのに対し、同年の産業用電力は73%と、その大部分を産業用電力が占めていることがわかる。また、産業用電力ほどは高くないものの、電力消費ピーク時には建造物の電力消費量は比較的大きな割合を占めており、増加傾向が見て取れる。

国内の建築床面積が急速に増加するなかで、建物を冷却するための電力消費量の割合が増加するだけでなく、消費電力がより大きな公共施設の割合の増加、快適と感じる水準の上昇、ヒートアイランド現象の顕在化にともなって、セントラルエアコンに対する需要が拡大している。電力消費がピークを迎える夏期、建造物の冷却にかかる電力負荷は都市部のピーク負荷の30%以上を占める。現場で測定されたデータによると、冷却にかかる電力消費量は公共施設で消費される電力の45~65%を占めることがわかる。ピーク時とオフピーク時の電力消費量の隔たりは徐々に広がってきており、送電系統の不均衡運用といういっそう深刻な問題をもたらしている。

蓄冷空調の価値

1. 国家レベル

仮にピーク時の電力を確保するためだけに必要以上の発電施設を建設しても、膨大なコストのかかる発電施設はそのほとんどの時間を待機状態か低い負荷率で費やすことになる。それは、結果として電気料金の引き上げへとつながる。そればかりか、発電施設を過剰に建設すれば材料やエネルギーを膨大に消費することは避けられず、環境へ悪影響を与えることにもなる。

蓄冷技術を採用すれば、新たに発電所を建設するより投資費用もはるかに少なく済み、建設期間も短縮できる点から、その代替案の1つと考えられている。効果的に「ピークシフト」を行うことで、高まる電力需要や発電施設の建設に対する苦悩は大幅に軽減されるであろう。また、消費者のニーズに合わせて既存の発電量を完全利用することも可能であろう。

「ピークシフト」を実現するために消費者側で蓄冷技術を採用すれば、発電に関するピーク時の電力需要が削減されるだけでなく、オフピーク時の負荷レベルの改善にもつながる。これにより、ピーク時の電力需要や、ユニットの尖度変調操作にかかる負担が軽減されるだけでなく、発電所のユニットの負荷レベルが安定し、発電所の運用条件も改善されると考えられる。

発電機を合理的な条件下で安定的かつ効率的に運用すれば、好ましくない運用条件下ではユニットの設備容量を削減したり、運転時間を短縮して総体的な省エネが可能になる。その結果、蓄冷技術を採用することで、需要がピークに達する時間帯に稼働させるユニット数を減らすことができ、一次エネルギーの消費量が削減されたり、煙や粉塵、CO₂、その他の有害物質の排出量も削減されたりするだろう。

さらに、蓄冷技術を利用することで、投資費用の節約や運用コストの削減、省エネ、環境保護がこの体系全体で促進されることにもなる。

2. 消費者レベル

消費者にとって、蓄冷空調は次のようなメリットがある。

- 1) ピーク時とオフピーク時の価格差を活用することによって、空調システムにかかる運用費用を削減できる
- 2) 設備容量を削減したり、冷却装置や補助装置にかかる電力を削減したりできる。また、設備の稼働率を改善できる
- 3) 電力に対する初期投資を削減できる
- 4) 緊急用冷熱源（シンク）としての冷却システムの信頼性を改善できる
- 5) 国策に一致するかたちで、助成金やその他の奨励策を利用できる可能性がある
- 6) 蓄冷空調システムが採用されるかどうかは、使用時間（TOU）の価格設定や、政府が打ち出す助成金、プロジェクトの固有条件以外の奨励策に大きく左右される

中国における TOU に関する政策および蓄冷に対する奨励策

1. 中国における TOU に関する政策および蓄冷に対する奨励策

中国における電気料金体系は、政府による価格設定から市場競争力のある価格設定へと移行しつつある。現在、電気料金の価格設定政策と価格水準を決定しているのは、主に担当行政官庁の価格部門である（住居用電気料金の価格を調整するためには、公聴会の開催が法律で定められている）。発電および管理の観点から、電気料金は送電、配電、および販売の3つの価格で構成されている。販売に関する価格設定体系は非常に複雑で、通常は省単位で分類されている。また、地域や産業によって体系は著しく異なる。

消費者がピーク負荷のシフトを積極的に活用するために、また、ピーク時の電力不足を軽減するために、中央政府は2002年以降試験的なプログラムを各省で実施してきた。その後、TOU制度を段階的に導入し始めている。これまでのところ、2～3の省を除いては、全国的にTOU価格設定が実践されてきている。

夏期のTOU「一般的商工業用電力」（1～10kV）を例にすると、現在いくつかの省で導入されているピーク時（ピーク）、フラット時、およびオフピーク時の電気料金は次のとおりである（省によっては基本となる料金表がある）。

表1：省ごとの電気料金 - 1～10kV「一般的商工業用電力」（元/kWh）

省	ピーク時	フラット時	オフピーク時	ピーク時対オフピーク時の比率
安徽省	1.4125	0.8788	0.5422	2.61
浙江省	1.406	1.108	0.596	2.36
陝西省	1.19805	0.8123	0.42655	2.81
河北省	1.2082	0.7433	0.3367	3.59
甘肅省	1.1467	0.7683	0.3899	2.94
北京	1.4009	0.7995	0.3418	4.10
天津	1.2898	0.8443	0.4188	3.08
上海	1.202	0.749	0.285	4.22
山東省	1.28384	0.8024	0.32096	4.00
湖南省	1.51596	0.8422	0.37899	4.0

2. 氷蓄熱に対する奨励策

中国ではTOU制度が広範囲で実施されているのに加え、蓄熱システム専用の電気料金優遇措置を導入している省もある。例えば、蓄熱システムに対して0.024元/kWhの追加値下げが実施されているケースがある。また、廣州大学城（Guangzhou Higher Education Mega Center）などのように、特定地区の主要プロジェクトに対して特別な氷蓄熱料金表による値引きが導入されている例もある。

地区によっては、氷蓄熱技術の利用を促すためにさまざまな補助金制度を導入している電力会社もある。例えば、国网北京市电力公司（State Grid Beijing Electric Power Company）はいくつかの蓄冷プロジェクトに対し、ピークシフトに対して500元/kWh規模の補助金を提供する制度を一定期間実施した。

蓄冷空調システムはマクロ政策として国によって支持されている。例えば 2010 年には、国家開発部門、改革委員会、およびその他 5 つの部門が共同で「電力需要サイドの管理手法」を開発した。それによると、「価格設定を担当するあらゆるレベルの行政部門は、TOU 制度を促進および改善することで、蓄冷用のオフピーク時価格の利用を促進させること」が求められている。

さらに、環境配慮型ビルのエネルギー節約技術や蓄冷技術が国家規格「環境配慮型ビルのための評価基準」で国の承認を受けて促進されてきていることから、現在中国は環境配慮型ビルを実演的に建設し、それに対して助成金を交付することを積極的に進めている。

中国における蓄冷の活用と研究

中国における蓄冷の活用と研究は近年始まったばかりである。1980 年代に水蓄熱技術が採用されたのはわずか 2～3 か所の競技場であったが、その効果は理想的とはいえない。しかし、国家的な電力調整に関する政策や TOU 戦略の導入が進むにつれて、蓄冷技術の採用を進めるプロジェクトが徐々に増加し始めた。第 9 次 5 年計画では、中国建築科学研究院 (China Academy of Building Research) が氷蓄熱空調を利用した製品やその技術に関する重要な研究結果をまとめた（「第 9 次 5 年計画」国家主要科学技術プロジェクト）。その研究結果は国内の氷蓄熱技術の開発において重要な役割を果たしている。

2008 年には、中国建築科学研究院とその他 13 の関連部署によって工業規格 JGJ158-2008「蓄冷空調システムに関する技術仕様」が作成され、正式に公布、実施された。この規格は蓄冷空調の設計、建設、試運転、認可、運転、および管理に関する重要な指針であると同時に、実践的意義も備えている。

ここ数年、中国における蓄冷空調を利用したプロジェクトの数は著しく増加している。統計によると、2005 年に約 400 件に達した蓄冷プロジェクトの数は、2012 年までに約 980 件に達する見通しであり（稼働中と建設中のものを含める）、その総容量は 1750 万 kWh になる。

中国における蓄冷空調プロジェクトの特徴は、次のようにまとめることができる。

- 1) 地理的分布を見ると、蓄冷空調は上海、広東省、江蘇省、浙江省など南部地域で広く普及している。その一方で、北部地域に関しては、主に電力不足が発生している北京、天津、その他の人口が密集し開発が進む地域に集中している。
- 2) 利用タイプの点では、外融式氷蓄熱が大きな割合を占めているものの、近年、それ以外のさまざまなシステムも開発されている。氷蓄熱装置の地元生産が大幅に増加してきており、多くの国内メーカーが独自の装置を開発し、多くのプロジェクトですばらしい導入効果を発揮してきている。また、中国国内に生産ラインを設けた氷蓄熱装置の国際的メーカーもある。それに加え、全体的な効率と簡易さの利点を生かし、氷蓄熱システムも近年急速な成長を遂げている。統計によると、現在確認できる氷蓄熱空調プロジェクトの数は 178 件のぼる。
- 3) プロジェクトの規模の点では、蓄冷プロジェクトは大規模になる傾向にある。地域冷房プロジェクトでは、蓄冷空調のメリットがよりいっそう明白になってきている。これは、次のことから確認できる。
 - a) 建物によって異なる冷却負荷の配分に関する特徴に基づき、同時発生する負荷を設計段階で考慮することができるため、総設備容量を削減し、冷却設備部分の負荷率を改善することが出来る。
 - b) 地域の建設開発の進展に従って設備を購入できるようになった。

- c) 土木工業、設備設置、および管理システムに対する単位体積あたりの投資額を減らすことができる。
 - d) 高い実証効果があり、電気料金の値下げ優遇措置や補助金政策の適用を受けるうえで有利である。
 - e) メンテナンスや運用を集中管理しやすく、省エネや省コスト化のサービスを提供する ESCO のような専門企業が参入したりしている。
- 4) 蓄冷とヒートポンプ技術を組み合わせて利用するなど、蓄冷プロジェクトはその他の省エネ技術を併用して複合的な形態で広範に応用されている。
- 5) 長期的に見ると、蓄冷技術の開発はここ数年でかなり進んだものの、すべてのセントラル空調プロジェクトのなかで占める割合は依然として非常に小さい。試算によると、公共の建物で蓄冷空調システムが採用される割合は年間をとおしてわずか 1~2%に過ぎない。蓄冷技術の開発には依然として長い道のりが待ち構えているが、別の見方をすれば、非常に大きな開発の可能性が残されているとも言える。

ここ数年、国内の蓄冷空調技術もその研究および開発において非常に大きく進歩しており、関連する研究も次のような側面に焦点を合わせている。

- 1) 負荷計算や動的システムのモデル化、運用コストの試算、ライフサイクルの評価を含む、システムのシミュレーションおよび評価
- 2) システムの最適化
- 3) 蓄冷装置の開発
- 4) 運用モード、制御戦略、および負荷予測モデルの研究
- 5) 低温吸気や大温度差を利用した末端システムとの組み合わせ
- 6) 地中熱式ヒートポンプシステムとの組み合わせ
- 7) 地域冷房への蓄冷システムの採用
- 8) 複合冷暖房併給発電所 (CCHP) との組み合わせ

課題と取り組み

1. 蓄冷システムの評価

利用者の視点から見ると、蓄冷空調システムのエネルギー消費量は従来型の空調システムと比べて減少しておらず、逆に、微増している場合が多い。このことから、「経済的だがエネルギー効率は悪い」といった誤解が生じている。そのため、蓄冷空調技術が国内の政策や規範、技術的指針において促進すべき省エネ技術に指定されていない場合もある。

しかし、蓄冷空調システムは利用者側のエネルギー消費量に直接反映されるものではなく、発電効率の改善やエネルギー構造の最適化において間接的に表れるものである。蓄冷空調の価値 1. 国家レベルの章の分析に基づくと、「経済的だがエネルギー効率は悪い」という議論では、発電所の建設にともなうエネルギーの節約、発電効率の改善、発電機が消費するエネルギーの削減、電力網における石炭燃料発電の割合低下の可能性といった点が、少なくとも見過ごされている。

確かに、他の省エネ技術とは異なり、個々のプロジェクトにおいて前述したような省エネ効果を数値化することは難しい。それ故に、エネルギー面と環境面における蓄冷システムの利点を評価し、それをさらに発展させるためには、より客観的、合理的、かつ包括的な評価方法の開発が求められるのである。

2. 助成金と取り組み支援

前述のとおり、中国では蓄冷空調システムの普及率は依然として非常に低い。そのため、より効果的な助成金制度を構築すると同時に、関連する支援体制を強化することが求められる。蓄冷空調システムはTOUに大いに左右される。現在のTOUは、利用者が負荷シフトを活用するうえで肯定的な役割を果たしており、それによって電力の需給バランスが取れている。しかし、ピーク時とオフピーク時の価格差が小さいことや（とりわけ基本電気料金において）、適用範囲が限られていること、地区によって政策に大きな違いがあり、助成金制度の実施が遅れている地区もあること、発電事業と配電事業の利益が不均衡であることなど、依然として問題を抱えている。このような問題を解決するためには、市場志向の価格体系を促進したり、発電と電力販売のためにピーク時とオフピーク時の価格がリンクする体系を構築したり、電力会社へ助成金を提供するために電力体系のあらゆるつながりを円滑にしたりする対策を講じなければならない。

国家的なマクロ政策の観点からすると、中国は経済構造の調整と様式変換の時期にさしかかっている。とりわけ電力体系においては、発電容量のやみくもな拡大や過度な投資から、送電構造の最適化や運用効率の改善へとシフトしていかなければならない。したがって、需要側の管理を強化したり、さまざまなチャンネルをとおして蓄冷空調技術の採用を大きく改善したりすることが必要である。

3. 蓄冷空調の応用技術

現在の中国では、蓄冷技術はエンジニアリング用途において成熟している。関連する規格や規約、仕様、技術マニュアルはますます高度化してきており、エンジニアリング用途の水準も劇的に上昇している。その結果、多くの設計会社、設備メーカー、設置企業の力量は改善傾向にあり、蓄冷産業は順調に発展している。しかし、最先端の国際的水準と比較すると、設計、運用、管理間のリンクは依然として徹底しておらず、非効率または不完全な体系をもたらししている。これを解決するためには、産業の技術水準のさらなる強化や、技術要件のあらゆる側面の改善、蓄冷技術の合理的開発の促進を進めていなければならない。

その一方で、設計や設備が優れていても運用の状況が悪く、性能が低いままのプロジェクトもある。また、投資団体と占有団体が異なることにより、建設と運用が切り離されたプロジェクトもある。従来のシステムと比較すると、蓄冷システムの運用と管理に必要なとされる専門性は高く、エネルギー管理の契約手法が良い選択肢になっている。それに加え、運用と管理の複雑さを軽減するうえで、蓄熱空調システムを改善していくことは効果的な解決策でもある。

参考文献

Zhang Yong-quan、2012年3月、『中国における蓄冷技術の利用』、POWER DSM、第14巻No. 2

<http://www.stats.gov.cn/tjsj/nds/j/>