

中国におけるサステナブル蓄熱クーリング

朱 清宇

中国建築科学研究院
100013 中国北京市北三環東路 30
e-mail: ssendai@gmail.com

概要

中国では建築で消費されるエネルギーの全国消費エネルギー総量に占める割合が、1978年の10%から2003年には27.47%に上昇し、全体の4分の1をすでに超えている。一部の大中都市ではセントラルエアコンの電力消費量がすでに都市の電力使用量ピーク時の20%以上になり、電力の需給アンバランスおよび需要ピーク時の電力不足と需要最少時の電力余剰問題が日増しに突出してきたため、国家発展・改革委員会と電力当局は電力料金時間帯区分と蓄冷による電力負荷平準化活動に力を入れ、蓄冷空調技術の発展を促している。蓄冷空調システムを採用すれば電力使用量のピークカットができ、カットした分の発電所建設コストが削減され、環境汚染も減らすことができるため、蓄冷空調システムはますます重要視され、その応用が広がっている。

キーワード

蓄熱、長期、短期

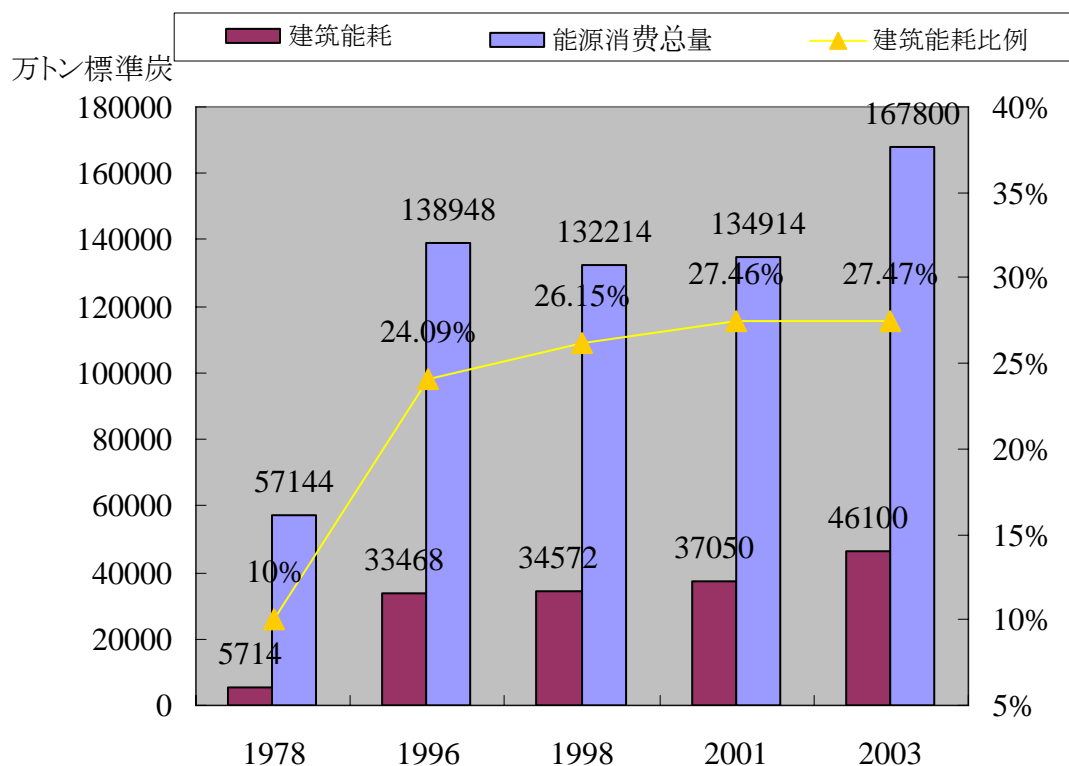
1 前置き

中国の建築で消費されるエネルギーは、すでに全国消費エネルギー総量の4分の1を超えているが、国民生活レベルの向上につれてますます増加し3分の1以上になろうとしている。2003年末時点の全国都市農村の建築物延床面積は383億平米で、都市部の建築物は140.9億平米、そのうち住宅延床面積は89.1億平米である。近年、建築物とくに住宅建築は急増傾向を示し、全国の都市と農村における建築の年間竣工延床面積は18~20億平米に達する。生活レベルが改善し都市化の進展が速まるにつれて、建築物の急増傾向は今後もまだ15年前後続くと予測されている。統計によると、建築で消費されるエネルギーの全国消費エネルギー総量に占める割合は1978年の10%から2003年には27.47%に増加し、しかもなお増え続けている。先進諸国の経験によれば、建築消費エネルギーが社会

全体の末端における消費エネルギー総量に占める割合は徐々に上昇し、35%前後まで増えると考えられる。従って建築はやがて工業など他の産業を超えてエネルギー消費の主たる増加要因となってくるため、社会全体のエネルギー使用効率を高める上で、建築における省エネが重要な側面となる。

近年、中国国民経済の持続的発展につれて電力資源が逼迫してきている。一部の大都市ではセントラルエアコンの電力消費量がすでに都市の電力使用ピーク時の20%以上になり、とりわけ一日のうち電力使用量のピークと谷間の差が開き続ける一方で、電力網運用状況の偏りが日増しに深刻になっている。経済発展と生活レベル向上および地球の温暖化進行にともない、平均気温が1℃上昇する毎にエアコンの電力消費量は約6%増えるため、毎年20%の割合でエアコンの電力使用量が遡増することになる。華東地域は中国でも最も電力の逼迫した地域で、例えば上海はエアコン運転の電力負荷が市全体の電力負荷の40%以上になる。国家电网会社の電力需要側管理(DSM)指導センターの統計では、華東電力網の2004年夏季の負荷ピーク時、エアコンの冷房負荷の割合がすでに30%を超え、そのうち35℃以上で1℃上昇する毎に負荷が約160万KW増加する。2004年夏季には、上海市のエアコン負荷がおよそ657万KWになり、統計調査以来最高の電力使用負荷の約44%を占めた。江蘇省ではエアコン負荷が約1000万KWで、最大電力需要の約33%であった。2005年7月4日、上海の最高電力使用負荷が1640万KWの記録を創った。7月20日午後4時24分には、北京電力公司応急指揮センターの大型ディスプレイに示される電力負荷の数値が一時1058.7万KWに跳ね上がり、有史以来北京の電力負荷の最高記録となった。現在北京市のエアコンの合計最大出力はおよそ360万KWとされるが、夏季ピーク期間のエアコンの実際の電力使用負荷はおよそ380万KWになり、北京市電力使用負荷の約40%を占める。気温が31℃以上の場合、1℃上がる毎に北京市の電力使用負荷は25~30万KW増加する。

2020年には全国の冷却用に消費される電力のピーク時負荷は4倍になると予測される、即ち三峡ダム発電所ほぼ10個分の最大出力に相当するほどである。それでも判るように、単に電力施設を増やすというやり方では、エアコンの増加につれて電力工業のピークと谷間の差は更に拡大し、ピーク時の電力需要問題はますます深刻化するだけである。ピーク期間の電力供給を保証するためだけに、多くの高価な電力施設がほとんどの時間遊休状態に置かれる、これは浪費の極みであり、そのコストを平らに均せばまた電気料金を押し上げることになる。発電送電施設を1000KW分増設する毎に平均およそ8000円の投資を必要とするから、2020年時点でエアコンや冷却の負荷がピークになるわずかな期間に対応するために、必要とする電力建設の総投資額は計およそ1.4兆元、驚くべき数字である。



2 建築の省エネ

中国は北方の厳寒地域と寒冷地域、中部の夏熱冬冷地域と夏熱冬暖地域の居住建築省エネ設計基準を作成し、すでに公布・実施されている。省エネ活動は絶えず広げていかなければならないため、省エネ活動を居住建築から公共建築へ広げていく計画に従って、公共建築省エネ設計基準が作成された。

現在中国では新規建築の延床面積が年間 20 億平米あり、そのうち公共建築の竣工数はおよそ 4 億平米である。公共建築の中でもとりわけオフィスビル、大中型店舗、及び高級ホテルなどは建築の基準や機能および通年エアコンとヒーティングシステムの設置など多くの共通性があり、しかもヒーティングとエアコンのエネルギー消費が特に高いため、省エネ潜在力も最も大きい。公共建築（特に大型店舗、高級ホテル、高級オフィスビルなど）の年間消費エネルギーのうち、およそ 50～60%がエアコンや冷凍およびヒーティングシステムに消費され、20～30%が照明に使われている。そしてエアコンやヒーティングのエネルギー消費のうちおよそ 20～50%が建物の外周構造の熱移動で消耗している（夏熱冬暖地域では約 20%、夏熱冬冷地域では約 35%、寒冷地域では約 40%、厳寒地域では約 50%）。現状分析によれば、これら建築物の外周構造、ヒーティングとエアコンシステム、及び照明を合わせると省エネ 50%の潜在力をもっている。全国の新築、増改築される公共建築に対し、この基準が省エネ条件を規定すると共に、建築、熱工学及び HVAC 設計

の面から規制指標と省エネ措置を示した。公共建築はエネルギー使用量が膨大であり、浪費も深刻である。公共建築の省エネ設計基準の制定・実施によって、公共建築の温度環境改善が進み、HVAC システムのエネルギー利用効率が向上し、公共建築のエネルギー浪費状況の根本的是正につながり、エネルギー節約と環境保護という国家戦略の実現と、関連政策・法規の徹底に寄与することになる。

関係専門家の分析では、2020 年までに仮に都市部の建築が全て省エネ基準を達成した場合、標準炭 3.35 億トンが毎年節約され、エアコンのピーク時の負荷は 8000 万 KW 減らせる。これはわが国が 1998 年から 2002 年の 5 年間に新たに増設した電力最大出力の総和、もしくは三峡ダム発電量の 4.5 倍に相当し、また或いは国の電力建設投資を毎年 1 兆円節約できる計算になる。中華人民共和国『節約エネルギー法』の第三十八条に、各レベル人民政府は、地元の実情に合わせて多様なエネルギーを補い合い総合利用し効果を重視する方針に沿って、農村エネルギー建設を強化し、メタンガス、太陽熱、風力、水力、地中熱などの再生可能エネルギーと新エネルギーを開発・利用しなければならない、と規定している。中華人民共和国『再生可能エネルギー法』は 2006 年 1 月 1 日に実施された。国家 2010 年及び 2020 年『省エネ中長期特別計画』。建設部『民用建築省エネ管理規定』節約型社会建設、循環経済発展は、資源の節約利用と資源の総合利用効率向上を中核としている。

地域区分指標

厳寒地域：最低月平均気温 $\leq -10^{\circ}\text{C}$

寒冷地域：最低月平均気温 $0 \sim -10^{\circ}\text{C}$

夏熱冬冷地域：最低月平均気温 $0 \sim 10^{\circ}\text{C}$ 、最高月平均気温 $25 \sim 30^{\circ}\text{C}$

夏熱冬暖地域：最低月平均気温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 、最高月平均気温 $25 \sim 29^{\circ}\text{C}$

温和地域：最低月平均気温 $0 \sim 13^{\circ}\text{C}$ 、最高月平均気温 $18 \sim 25^{\circ}\text{C}$

南方地域はクーリング負荷が高く、ヒーティング負荷は低い。北方地域はヒーティング負荷が高く、クーリング負荷は低い。



3 サステナブル蓄熱エアコンディショニング

3.1 中国の気候と蓄熱技術

厳寒地域にある東北地区は一般的に冬季の暖房が主で、通常住宅では夏季の冷房はしないが、公共建築は夏季の冷房をしている。厳寒地域の新疆地区は一般的に冬季の暖房のみで夏季の冷房はない。冷暖房負荷はアンバランスで、グラウンドソース・ヒートポンプシステムを使用するメリットは希薄である。エアソース・ヒートポンプは屋外低温下での効果減衰のため、応用するには限界がある。

甘粛省と陝西省に代表される寒冷地域は冷房も暖房も解決する必要がある。しかしこの地域は夏季の負荷は小さいが冬季の負荷が大きいため、グラウンドソース・ヒートポンプなら将来性があるが、エアソース・ヒートポンプは制約を受ける。華北地区（北京、天津、河北など）は冷暖房負荷が接近している。グラウンドソース・ヒートポンプの使用範囲は広く、エアソース・ヒートポンプはある程度応用されている。山東・河南地区は冷房負荷

の方が暖房負荷より若干大きい。グラウンドソース・ヒートポンプは応用範囲が広く、エアソース・ヒートポンプは急速に発展した。

夏熱冬冷地域：気候の特徴として夏季非常に暑く、冬は相対的にさほど寒くない（一月の平均気温は $0^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ で、平均気温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ の日数が年間 $0\sim 90$ 日。七月の平均気温は $25^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ で、平均温度 $> 25^{\circ}\text{C}$ の日数が年間 $40\sim 110$ 日）。今のところ、家庭用エアコンは総数の60%以上がヒートポンプ型で、商業用はエアソース・ヒートポンプが広く応用されている。長江流域とその周辺地区は低温環境資源が豊富で、しかも気候条件は冬寒く夏暑いいため、この地域ではグラウンドソース・ヒートポンプ技術の普及応用は将来性が大きい。

夏熱冬暖地域：広東、広西、福建、海南などの地区では夏季は猛暑であるが冬季は温暖で、冷房負荷の方が暖房負荷より遙かに大きく、冷房期間も長い。家庭用はエアソース・ヒートポンプが割合多く使用されているが、暖房期間は短い。グラウンドソース・ヒートポンプは生活給湯に応用されている。

3.2 グラウンドソース・ヒートポンプ (GSHP)

国内では近年、山東、河南、湖北、遼寧、黒竜江、北京及び河北などで地下水ヒートポンプ工事プロジェクトがすでに100以上あり、ヒーティングと空調のカバー面積は100万以上になった。

3.3 中国における蓄冷空調システム

わが国では蓄冷による省エネの研究と応用はスタートが遅かったが、現在ではすでに完成し運転中または施工中の蓄冷空調プロジェクトが400あり、4直轄市と17省に分布しており、全国三分の二の省市（21省市）で蓄冷空調システムが造られたことになる。蓄冷空調の実績が最も多いのは順に、浙江省（63件）、北京市（61件）、江蘇省（48件）、山東省（27件）及び上海市（26件）である。氷蓄冷プロジェクトは杭州、北京、山東の3地区で全国の半数近くを占める。杭州地区の電気料金時間帯別構造は、区分効果と奨励効果により、すでに氷蓄冷の急成長を支える新たな要となっており、浙江大学など多くの新プロジェクトの着工を牽引した。今のところ国内の氷蓄冷の応用はまだ海外に及ばないものの、時間帯別電気料金のピーク谷間比が年々拡大するにつれ、氷蓄冷空調の経済効果は今後ますますはっきりしてくるだろう。しかし応用面において若干問題が存在し、関連の規範・規制が不十分である。早急に関連のエンジニアリング技術規範を制定し、その技術的措置や手法の整備を保証し、市場行為を規範化して、HVAC分野の技術進歩を促し、蓄冷空調の健全で秩序ある発展を促したいところである。

80年代は氷蓄冷が採用されたのは僅か数カ所の体育館だけであった。しかし当時は電気料金負荷区分が実施されておらず、氷蓄冷技術もやや粗雑であったため、これら数カ所しかない氷蓄冷プロジェクトすら十分に活用されなかった。1989年になってようやく氷蓄

冷システムの研究がスタートした。37の水蓄冷空調プロジェクトで、特許技術十数件を採用し、冷媒作用温度差は8~10℃またはそれ以上に達し、蓄冷密度もそれまでの5.8KW/M³から11.6KW/M³またはそれ以上に向上し、これにより蓄冷水槽の容積が大幅に縮小してプロジェクト建設費が低減し、熱移動によるロスひいては冷媒の送達パワー損失もこれにつれて低減した。とりわけ建築物のそばに空き地があって蓄冷水槽を建造できるとか、もしくは消防用水池があって利用できる場合には、更にその普及応用価値は高い。広西では近年、水蓄冷空調を採用したプロジェクトが多い。上海浦東空港第二期ターミナルビル(405,000m²)のエネルギーセンターでは、水蓄冷システムを冷熱源とするプランが採用された。水蓄冷総量は106,696RThで、計4つの水蓄冷タンクがあり、各タンクの直径は26m、高さ22m。冷水ユニットは計10台あり、各ユニットの冷却量は2,000RTで、冷凍水温は4℃、回収水温は12℃、冷却水の供給回収水温は32-38℃である。このプロジェクトでは水蓄冷を採用した方が氷蓄冷プランを採用するよりもイニシャルコストが3,000万元安く、しかも蓄冷量は大きい。大温度差を採用し、システムの配管投資が低減されたため、水蓄冷は通常の電気による冷却プランと比べてもイニシャルコストが少ない。また、ランニングコストも3プランのうち水蓄冷プランが最も少ない。

第9期五か年計画期間に、中国建築科学研究院では蓄氷空調の中核製品と技術(第9期五か年計画における国家重点科学技術攻略特別テーマ)に取り組んだ。氷蓄冷空調システムはわが国にすでに100以上のモデルプロジェクトがある。そのうちこのテーマグループの製品と技術を採用したプロジェクトが30数件あり、280万元の直接経済効果をあげた。初歩的な推定では、少なくとも年間400万元以上のランニングコストをオーナーのために節約できることになる。

わが国のすでに完成している水蓄冷と氷蓄冷の空調プロジェクトは、入念な設計、丁寧な施工、細心の運転によって、工事品質を保証し設計条件をクリアしたのみならず、電力負荷平準化、ランニングコスト低減の面でも積極的役割を果たしている。プロジェクトによっては、電力使用ピーク時間帯にメインマシンを運転せずに済み、ピークカット効果は大きい。

蓄氷によるエネルギー蓄積で低温冷熱源を提供したことによって、低温送風技術の応用に有利な条件を創りだした。蓄氷技術と低温送風技術の結合により、電力ピークと谷間の差を効果的に縮小できるのみならず、省エネとイニシャルコスト低減にもなるため、現在世界のHVAC&R産業が公認する最も普及応用に値する技術である。中国は低温送風技術の発展に非常に注目しており、すでに14の氷蓄冷空調プロジェクトに大温度差と低温送風システムが採用されている。(表1)

表 1

番号	名 称	延床面積 m ²	蓄冷量 RTh	蓄 氷 設 備
1	国家電力調度中心	80,000	7,120	米国 BAC-TSU-972M 型
2	上海科技城	96,000	9,240	米国 BAC-TSU-920MS 型
3	西北電力集团公司調度 度通迅楼	35,000	3,564	米国 BAC-TSU-594MS 型
4	西安咸陽国際空港ターミナルビル	52,000	13,680	米国 BAC-TSC-380M 型
5	四川郵政管網センタービル	56,730	7,616	米国 BAC-TSC-238M 型
6	嘉興華庭街主力百貨及び地下スーパーマーケット	20,000	6,125	米国 Paul Mueller フレークアイスメーカー
7	上海浦東国際児童医学センター	40,000	4,500	米国 BAC-TSC-300M 型
8	杭州建設銀行(銀泰広場)	31,000	2,820	米国 BAC-TSU-594MS 型
9	中央テレビ局オーディオビデオ資料館	45,000	3,564	米国 BAC-TSC-297M 型
10	北京中関村西区地域冷房	900,000	28,560	米国 BAC-TSC-306S 型
11	広州大学タウン	7,240,000	252,000	米国 BAC-TSC-7121MFS 型
12	上海東華大学	94,000	6,536	米国 Paul Mueller フレークアイスメーカー
13	浙江金華時代広場	140,000	11,880	CIAT アイスボール
14	上海浦東空港エネルギーセンター	405,000	106,696	水蓄冷
15	上海中凱城市之光	240,000	6,840	米国 BAC-TSC-380M 型

現在、数万ひいては数十万平米以上の建築群や住宅団地において、地域冷房システムの採用にあたり、氷蓄冷プランも考慮または採用対象の一つとなり、一部のプロジェクトではすでに採用されている。例えば、広州大学タウンには計 10 大学があり、建築延床面積は計 724 万平米、完成後には 500 万平米の建築物が地域冷房システムに組み込まれ、総蓄氷量は 25.2 万 RTh、完成すれば世界で二番目に大きい氷蓄冷地域冷房システムになり、電力負荷平準化の面で積極的役割を果たすことになる。

住宅団地に採用された氷蓄冷集中冷(暖)房システムには、杭州中江都市花園、江蘇常州金禧園、上海路易凱旋宮、江蘇儀征鏡湖花園、上海万里凱旋華庭、湖南電信花園などがある。

わが国の氷蓄冷空調プロジェクトのうち、ほとんどはアメリカの BAC、FAFCO、CALMAC、MUELLER、CRYOGEL およびフランス CIAT の蓄氷設備を採用しているが、現在、北京西冷、清華同方、浙江華源および浙江国祥なども自社の特色ある蓄氷設備を開発している。近年韓国 MTC のアイスプレート、ENE のアイスボール、および日本ダイキンの氷蓄冷付き VRV マルチシステムといった設備もわが国の市場に参入し始めている。

4 今後の発展

現在、北米地域で新規に設置されるセントラルエアコンでは、氷蓄冷空調がすでに 80% 以上を占めている。海外の成功経験が示すように、たとえ電力需給のバランスがとれていても、蓄冷空調技術は依然として需要側の管理にとってはピークシフトの重要な技術的措置である。『蓄冷空調技術規程』の制定によって、蓄冷空調プロジェクト機器の材料応用、設計、施工、運転保守、および検査検収に関するわが国の技術指標が一層規範化され、蓄冷空調の健全な発展が推し進められ、国民の切実な利益が保障される。国家発展・改革委員会と電力部門は電力料金時間帯区分適用と蓄冷による電力負荷平準化普及活動を強化し、各地域もそれぞれの蓄冷空調プロジェクト発展促進に関する政策を打ち出したことにより、蓄冷空調技術の普及と発展促進のための良好な社会的発展環境が創られた。蓄冷空調はわが国において今後さらに多方面で応用されていくと思われる。