

万博の地域冷房計画

日本万国博覧会

玉井 撰 郎*

宮田 敏 雄**

1. 地域冷暖房の概念

人間は、自然の気候の悪条件に対して、昔から色々な環境を快適にする様、工夫してきている。

日本の家屋は、高温多湿な夏の生活には適しているし、洋風建物は、構造的に寒い冬の生活に適しているといえる。

しかし、このようなことは、自然の条件を自由に選べる場合においてのみなりたつことである。

経済が進み、人間の大部分が都市に集中して生活しなければならなくなった今日では、事実上、建物の構造的な面よりみて屋内気候の調節は不可能となってきた。

このような事が、今日のような冷暖房設備が生活にとって忘れることが出来ない施設となった理由の一つである。

そして、この傾向は今後においてもより強くなるであろう。

すなわち、電灯や水道、衛生設備が住宅においても、また、ビル建物においても、必ず、必要なものであるように、冷暖房設備も又、必要となってくる。

最近建築されるビルに於ては、大多数の建物に於て、冷暖房設備を装置しており、住宅に於ても、暖房器具、クーラーの普及度が目覚しく、更に、一室冷房、一室暖房より進んだ全室冷暖房が普及しはじめて来た。

しかし、セントラルヒーティング、クーリングシステムは、ビル、住宅、商店等を夫々個別に冷暖房するという域を出て出していない。

この個別冷暖房を更に発展させて、電気、ガス、水道等と同様に冷暖房も個別でなく、地域的に集中して実施する方が色々な面から云ってより合理的である。

ここに地域冷暖房の概念が出てくる。

2. 地域冷房の利点

個別冷房に比較して地域冷房は次の利点がある。

(1) 経済的である。

イ. 一般に冷凍機は小型より大型になる程、冷凍単位 (1米冷凍トン=3.024 k Cal/Hour) 当りの価

格が安くなる。

ロ. 需用家間不等率があるため、各需要家の容量の合計よりも小さい冷凍機容量ですむ。

ハ. 個々の需用家の負荷率よりも冷凍プラントの負荷率が高いので、設備稼働率が高くなる。

ニ. 保守運転費が少なくてすむ。

ホ. 個別冷房では、低負荷の時は冷凍機効率の悪いところで運転しなければならないが、地域冷房プラントでは、台数を群管理することにより、運転停止冷凍機と全負荷運転に近い冷凍機とに運転状態を分ける事により、低負荷の場合でも高能率で運転出来る。

ヘ. ただし、配管費は余計にかかることとなる。

(2) 個別冷房では、予備機器を保有するのが経済的に困難であるが、地域冷房では設備する事が出来るので供給信頼度が高い。

(3) ビル建物の床面積の有効利用

個別に冷凍機、冷却塔等を設備する必要がないため床面積を有効に利用しうる。

云いかえれば、建築設計の自由度が増すこととなり、美観上からも好ましい。

(4) 時間に制約なく空調設備が利用出来る。

空調設備を1日中24時間を通じて連続運転することは、一般の使用目的の建物では考えられていない。

使用率の多い時間を限って運転されているのが普通である。

しかし、我国での現況は、特に貸しビルでは時間外に使用したいことがしばしばある。

わずかな負荷に対して冷凍機を使用することは、技術的にも経済的にも合理的でないので、夜間や休日にはやむを得ず悪い環境の下に仕事せざるを得ない。

地域冷房プラントより熱源を受けている場合には、このような個別冷房の場合の不便さを解消できる。

なお、地域暖房の場合には、暖房特有の利点がある。次にのべる。

(1) 公害処理可能性の増大

一般にビル暖房にはエネルギー源として重油を使っている事が多いが、個々に公害対策を実施することは、技術的、経済的に困難な面が多い。

地域暖房の場合には、個別の場合より困難度が低い。

(2) 火災の危険性の減少

現在、住宅暖房には石油ストーブが相当使用されているが、燃料費が安い反面、排気ガスによる空気の汚染、火災の危険性が多いが、地域暖房にはそういった危険性はない。

(3) 火力発電所の総合エネルギー効率の向上、最近の火力発電所は年々発電効率は上昇しているが、未だ40%前後であり、残りの熱は有効に利用されないで、凝結器の冷却水に放熱されているが、この熱を有効利用すれば地域冷房にも利用し得て発電所全体としてのエネルギー効率は上昇する。

3. 地域冷房が成り立つための条件

- イ. 高温多湿の期間が長いこと。
- ロ. 需用密度が高いこと。
- ハ. 設備に対する負荷率が高いこと。
- ニ. 社会的協力が得られること。

特に社会的協力が得られないと実現しにくい。

日本で計画が進んでいる万博会場内、千里ニュータウンの様に国或は地方公共団体が主唱し、参加者或は住民が協力する体制になれば需用密度が高いこと、負荷率が高いことといった成立条件が根底からくずれることとなる。

アメリカに於ても地域冷暖房を実施している場合は新市街地開発とか都市再改造とかいった大きい計画に公共団体、住民等の協力があって初めて実現している。

4. 地域冷房の設計

地域冷房の計画、設計に当っては次の要件を検討しておく必要がある。

(1) 需用想定

対象地域、対象建物、使用期間、時間、最大負荷、負荷率、同時利用率（不等率）、需用の伸び率等により負荷カーブを想定する。

(2) プラント位置、容量の決定

プラント位置は、なるべく負荷中心に持って来る事が望ましいし、容量を大型にするのがよい。

しかし、大型にすれば配管が長くなるので、配管内圧力損失が増大し需端用に於て圧力を確保するために

圧力を高める必要があり、配管材料が高くなる。

この見合を検討する必要がある。

なお、電動式冷凍機、スチームタービンターボ冷凍機及びポンプ、冷却塔ファンの騒音が高く約90ホーン程度のためこの点も考慮する必要がある。

(3) 冷凍機のエネルギー方式の決定

エネルギーとして、電気を使用する電動ターボ冷凍機、重油を使用するスチームタービンターボ冷凍機及び吸収式冷凍機、都市ガス又は天然ガスを使用するスチームタービンターボ冷凍機及び吸収式冷凍機がある。

イ. 建設費比較

一般的に電動式が安く、ガス式、油式の順に高い。ガス式と油式の差は、油式では集じん装置、燃料タンク、煙突等が必要なためである。

なお、各方式ともポンプの冷却塔ファン等のための電源が必要であり、プラント冷凍容量（単位、冷凍トン、RT）に対し或るケーススタディでは、ガス、油式では約 $\frac{1}{2}$ kw/RT、電動式では約1.2~1.3kw/RTであるため、プラント容量によってはガス、油式が高圧受電でよく、電動式は特高受電の場合もありうるので、その場合にはガス式が電動式より若干安く、油式はやはり一番高い。

ロ. 運転費比較

電動式、大口電力契約が一番安く、油式、電動式業務用電力、ガス式の順に高い。

ハ. 建設費と運転費の合計コストでは、電動式、油式、ガス式の順に高い。

(参考) アメリカでは天然ガスのカロリーが高く、且つ燃料単価が安いので、ほとんど天然ガスを採用しており、一部ロサンゼルス空港、サンアントニオヘミスフェア等に於て電動式を採用している。

その理由として、当初建設費が安い、運転制御が簡単である。ボイラーマン等の特殊技能者が不要、清潔等の理由をあげている。

(4) 単機容量の大きさ、決定

出来る限り大きい容量が単位容量当り、製作据付価格が安いので、大きいものが望ましい。日本では1,000 RTが現段階では最大のものである。

なお、軽負荷時運転のためと保守点検予備機器のために1台のみの設備では具合が悪いので負荷カーブに応じて設備台数を決定する必要がある。

(5) 供給冷水温度

現在冷凍機の能力からいって5℃程度で冷水を送水し、7℃程度の温度差を需用家の空気調和器で熱交換させ、12℃程度の水を返して貰うものが多い。

冷水送水温度を下げれば更に好都合であるが凍結の危険性がある。

(6) 冷却水方式の決定

一般に使われる冷却塔は大きい方がユニットの単価が安い製造技術上からの制限がファンの材質、大きさ等にあるようである。

なお、河川の水を利用出来るなら安く上る事になるが河川の水位、凍結等の問題を考慮しておく必要がある。

(7) 配管設計

樹枝状、ループ等の別があり、供給信頼度をあげるため、及び将々の需要に対する弾力性のためにはループ方式がよいが、価格が高くなる。一般に鋼管を使っている。

又、熱量を輸送するため途中の熱損失をなるべく少くするためスチレンフォーム、ガラスウール等で保冷する。

配管距離が短い場合とか、大口径サイズの場合は熱ロスが少いため保冷しないことがある。

また、冷水の中に空気だまり生ずるとエアハンマーの原因ともなり、パイプを破損する事があるので、空気のみならず凸部分には空気ぬき弁をとりつける。

(8) 取引用計器

カロリー=水量×(需用家使用温度差)を表示するカロリーメーターで計量する方法、又は温度をほぼ一定として水量計で協定する方法及び需用家の冷房必要面積による定額等の各種の方法がある。

公正取引からいえば、カロリーメータが好ましいが高価である(1セット 50~70万)。

5. 万博の地域冷房

(1) 冷房対象面積

万博会場 100万坪の中の建物

(2) 冷房プラント

3ヶ所、北・東・南プラント

(3) 全冷凍機容量

約 30,000冷凍トン (RT)。

(4) 方式

北 約 18,000 RT, 電気方式 (建坪約 5,000 m²)

東 約 8,000 RT, ガス方式 (建坪約 2,000 m²)

南 約 4,000 RT, 電気方式 (建坪約 1,500 m²)

(5) 単機最大容量 3,000 RT/台

運転重量 80 ton 程度/台, 長さ 8 m, 巾 6 m,

高 5 m/台程度

(6) 冷水需要家供給程度

往管 約 6℃, 還管 約 14℃——循環式

(7) 冷却水温度

38℃→32℃

(8) 冷水管

長さ 約 12,500m×2=往復 25,000m

(9) 冷水管太さ

1,000mmφ~100mmφ

(10) 冷水管埋設深さ

約 1.5m

(11) 冷水管材料

鋼管 (全溶接), 一部ダクタイル鋳鉄管

(12) 保冷

50mm厚さ, スチレンフォーム (300φ以下)

(13) ポンプ圧力

水柱で 約 90m=9kg/cm²

(14) 需用端圧力差

1.5kg/cm²

(15) 計量

カロリーメーターによる。

(16) 冷水料金

58円/冷凍トン/時

6. アメリカにおける地域冷房実施例

アメリカにおける実施例を別添一欄表に示したが、特色としてみられる事は次のとおりである。

(1) 冷暖房に関する一般通念

米国と日本との外気温、個人所得の差もあるが、アメリカでは個別暖房はよく普及しており、個人建築でもセントラルヒーティングをするのが一般通念となっている。

この一般通念をベースとして名州の建築基準法によって、アパート、建売住宅等は暖房しなければならない。

冷房についても州によっては劇場、学校等については州我は教育委員会が冷房の目安をきめている。

又、公害の面からみた場合、例えばニューヨーク州では大気中の SO₂ に対する規制が2~3年後の目標として定められている。

(2) 冷凍機のエネルギー源としては天然ガスが多い。

天然ガスは都市ガスに比し、単位体積当り発生熱量が多いことと、単位体積当り価格が安いことによっている。例えばロサンゼルス附近では、

天然ガスは 4円90銭/m³, 9,300 kcl/m³

日本の都市ガスは 15~20円/m³, 4,500 kcl/m³ である。

一部では電気方式を採用している。電気方式を採

アメリカにおける地域冷房実施例

	ロサンゼルス空港	ロス, センチュリー シティ	サンアントニオン, ヘミスフエア	ヒューストン, ナソベ	ピックバーグアル ギニセンタ
用途	空港ターミナルビル	商 住	博 覧 会	一般市街地	一般市街地
冷房出力	3,100 RT 将来 5,700 RT	2,625 RT 将来 15,000 RT	10,000 RT	5,150 RT	1,180 RT
冷凍機	1,500RT×2 +7000×1	1,155×1 (スチーム ターボ) +755×2 (吸収式)	2,000 RT×5	1,050RT×3 (スチー ムターボ) +2,000×1 (ターボ)	2,060RT×3 (スチームターボ)
燃 料	電 気	天然ガス, 一部油予備	電 気	天然ガス	天然ガス
冷水温度	SUPPLY 4.5°C RETURN 12.8°C	4.5°C 12.8°C	3.4°C 12.2°C	4.5°C 11°C	4°C 12.5°C
冷却水方式	冷 却 塔	冷 却 塔	冷 却 塔	冷 却 塔	冷 却 塔
冷房期間	全年 24H	全年 24H	全年 24H	全年 24H	全年 24H
暖 房	温水 S 179°C R 132°C	温水 190°C 83.5°C	スチーム 203°C	温水 150°C 88°C	スチーム 200°C
管 数	冷 2管 暖 2管	2管 2管	2管 2管	2管 2管	2管 2管
管 径 管 長	20cm~10cm 20マイル	90cm~10cm	60cm~8cm 35,000フィート	12~2インチ 16マイル	30~4インチ 4~5マイル
パイプ (冷水保冷)	鋼管 (全熔液) 断熱仕上	鋼 管 ファベスト	エポキシ樹脂 アスベスト内管断然ポリ ウレタンフォーム アスベストセメント外管 エポネシライニング	鋼 管 なし	鋼 管 コールドロールコート フォームグラス防水 シールコールドロール
	ワシントン NBS	ワシントンキャピタル ヒル	NY.ケネディ空港	NY.ロッチデル団地	ハートフォード
用途	官 庁 街	官 庁 街	空港ターミナルビル	商 住	一般市街地
冷房出力	12,000 RT	15,400 RT	11,000 RT	12,000 RT	15,000 RT
冷凍機	3,000RT×4	2,200RT×6 1,100RT×2	690×9 (吸収式) +770×4 (") 3台更に増設中	1,000RT×12 (吸収式)	4,500RT×2 +3,000×1 +1,500×2
燃 料	電 気	電 気	天然ガス一部重油	天然ガス	天然ガス
冷水温度	5.5°C 11.6°C	4.5°C 11°C	7°C 13°C	7.3°C 11°C	45°C 12.5°C
冷却水方式	冷 却 塔	冷 却 塔	冷 却 塔	冷 却 塔	河水夏 29.5°C 冬 0.6°C
冷房期間	全年 24H	4月~11月の 6.3023.00	全年 24H	5月~9月	全年 24H
暖 房	スチーム 183°C	スチーム 194°C	温水 193°C 115°C	温 水	スチーム 177°C
管 数	2管 2管	2管 2管	2管 3管	2管 (冷水と蒸気) 共用	冷 2管 暖 2管
管 径 管 長	45cm~25cm	75cm 2マイル	30~16インチ		24インチ最大 24,000フィート
パイプ (冷水保冷)	鋼 管 ガラス せんい 還管なし	鋼 管 バージンコルク	鋼 管 ガラスせんい入 アスファルト ポリウレタンフォーム		鋼 管 S ポリスチレン R なし (蒸気返管に) ステレス

備考 1. ロサンゼルス N.GAS 4円90銭/m³ (9,300 kcal/m³) 2. ニューヨークロッチデル団地
N.GAS 4円30銭/m³ 3. 日本都市ガス 22円/m³ (4,500 kcal/m³) 以下28頁に続く.

