

## 地域冷暖房懇談会議事録

日 期：2005 年 10 月 11 日 16:00～18:00

場 所：清華大学建築学院グリーンビルディングデモビル会議室

出席者：江億教授、他 2 名、中原先生、時田常務、市川 徹(東京ガス)、船谷昭夫(大阪ガス)、草深隆道(東邦ガス)、柳原隆司(東京電力)、村西良司(中部電力)、大塚 淳(日本設計)、丹羽勝己(日建設計)、郷 正明(清水建設)、高井啓明(竹中工務店)、鄭 明傑(三晃空調)、潘 嵩(通訳、名古屋大学)

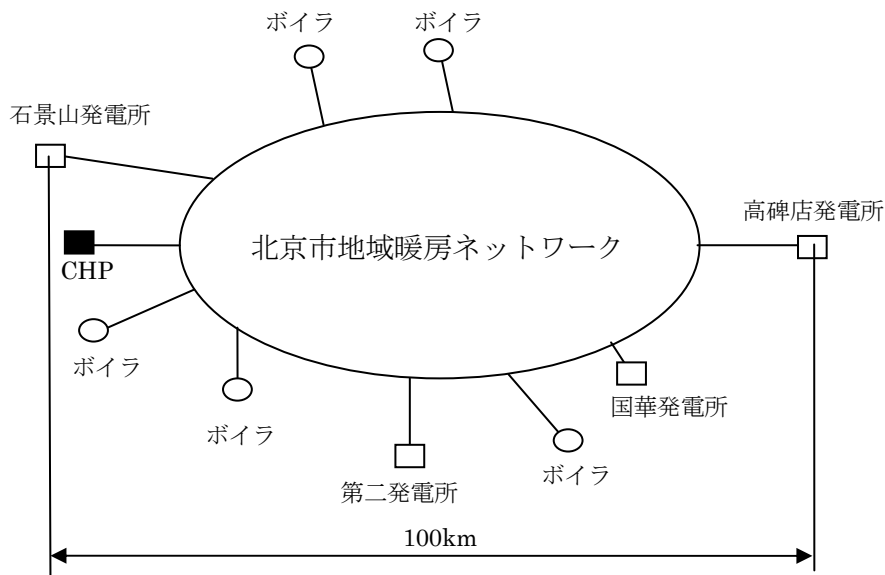
開催の動機：本懇談会は、午前中の市川・柳原両氏の地域冷暖房に関する発表に関連して、最近の地域冷房及び CHP システムの省エネルギー性について疑問を感じているということで、江教授から意見交換のための追加のミーティングを聞きたい旨の申し入れがあり、急遽設定されたもので、団員の半数弱が円明園見学を途中で切り上げて、GB デモビル会議コーナーにおいて開催されたものである。

### 議事：

1. 江先生が、中国の地域暖房と地域冷房の歴史と現状を紹介した。

#### (1) 北京における地域暖房の現状

北京の地域暖房は 1958 年より建設され、暖房面積が 8000 万  $\text{m}^2$  という世界最大の集中熱供給施設である。石景山発電所、高碑店発電所、国華発電所、第二発電所の 4 つの火力発電所、1 つの CHP (Combined Heat and Power、熱電気併給システム、コジェネを広義に解釈したもの)、5 つのボイラ専焼プラントより熱を提供している。熱供給ネットワークの長さは、石景山発電所から高碑店発電所まで約 100km であり、北京市内の 2/3 の建物はこのネットワークより供給されている。



この他、瀋陽、長春、ハルビン、済南にも大規模の地域熱供給ネットワークが存在している。そして、全国では 400 の CHP 地域熱供給ネットワークがあり、総暖房面積は CHP による供熱面積 16 億  $\text{m}^2$  とボイラ専焼プラントによる供給面積 30 億  $\text{m}^2$  を合わせて約 50 億  $\text{m}^2$  となる。

しかし、われわれが CHP 暖房システムを調査・計測した結果、約 3 割の熱量が損失していることがわかった。特に最近の新築建物は保温性能がよくなり、また、供給施設の運転制御が上手く調節できないため、室内温度が高すぎる場合は、ユーザーが窓を開けて室内温度を調節するため、30%

強の熱量が損失している。これは技術の問題ではないので、解決は難しいと考える。

暖房期には、休暇を含めて 24 時間連続熱供給運転をしているためにロスが大きい。われわれはシミュレーションソフトを用いて、北京地域の建物の断熱性能を考慮した熱負荷シミュレーションの計算結果と各熱源プラントの供給熱量を比較した結果、総熱利用効率は約 0.55 であることがわかった。つまり、北京地域の熱供給損失は約 45%である。

北京地域では、冬期の暖房費用は 30 元/m<sup>2</sup>である。供給熱量を天然ガス消費量に換算すれば、約 16~17m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>となるが、エンドユーザーで実測した暖房負荷を天然ガス消費量に換算すると、約 8~9m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>となる。但し、適正な運転制御を行っていると思われる清華大学における地域暖房システムの換算された天然ガス消費量は 12m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>であるので、これをベースにすると 12-9=3m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>の無駄なエネルギーを消費していることになる。

## (2) 長江流域の空調用エネルギー消費量と冷暖房方式の問題点

長江流域とは上海市、南京市、武漢市、重慶市などを含む地域を指す。この地域の延べ空調面積は約 40 億 m<sup>2</sup>あり、冷暖房エネルギーをいかに減らすかがこれからの課題である。この地域の外気条件は、冬期最低気温は 0℃、夏期最高気温は 30~35℃である。1990 年までは、一般の住宅では冷房は行われておらず、1990 年から始めて冷暖房を行うようになっていく。現在、夏期には 90%の民生用住宅で冷房を行っているため、電力消費量が非常に大きい。冬期には暖房を行っているが、電力消費量は夏期と較べて遥かに少ない。

現在この地域の多くは、地域冷暖房システムを採用しようとしている。例えば、武漢市では、2000 万 m<sup>2</sup>の DHC を建設中であり、上海 2010 年万博会場も DHC を設計中である。さらに安徽省合肥市、杭州市、紹興市などの 10 数の都市にも DHC を建設する予定である。私はこの地域で DHC を利用するのは、以下の問題点があると考えている。

- 1) 大規模な DHC を作るといういろいろな問題が出てくると思う。冬期だけであれば石炭を燃料とする熱供給プラントを建設すればよいと思う。石炭を燃料とする熱供給方式として、CHP(コージェネシステム)とするか、またはDHC+ボイラを採用するかが考えられる。後者の場合には、夏期にボイラの運転が停止するため経済性が悪い。前者の場合には(例えば、山東省では 200 の発電所がある)、冬期には問題がないが夏期の熱効率がよくない。大型発電所の単位発電量の石炭消費量が 320kg(石炭)/kWh であり、小型 CHP は約 450kg(石炭)/kWh である。夏期に空調負荷が存在するため、現在、地域冷房を計画している。しかし、地域冷房による冷水送水が良いかは疑問である。

北京地域の地域暖房では、130℃の蒸気を送り、還水温度は 65℃であり、温度差は 95℃である。長江流域では、冷房負荷>暖房負荷なので、送還水温度差はどの位に設定すればよいのだろうか。

- 2) 地域冷房では、大口径配管となり、ポンプ動力は冷熱単価を上昇させる。また、連続暖房ならば外気温度のみを見て運転制御を行い安定的な熱供給ができるが、冷房期には、冷水の間歇供給のため、負荷率が 10%~100%と大きく変動し、送水ポンプの制御をどうするかが問題である。
- 3) 燃料を天然ガスとする場合の問題点

今中国では、「西気東輸」というプロジェクトがある。四川から武漢までの天然ガス輸送ライン、新疆から南京、上海までの天然ガスの輸送ラインを建設している。ガス焚き発電所の場合には、発電効率は約 50%である。CHP の場合には、発電効率=35~40%であり、45%の熱

量が排出されている。この熱量を使って 50%の冷熱量が作り出され(注:COP=1.1 とすればこうなる)、約 10%の電力に相当する(注:電動冷凍機の COP を 5.0 とすれば冷熱にして 10%の電力から 50%の冷熱が得られる)。つまり、ガス焚き発電とガス CHP の差があまりない。ただし、CHP は熱輸送ネットワークが必要であるため、メリットはない。よって、長江流域では大規模地域冷房の採算性は良くない。

- 4) 蒸気輸送の場合には、熱損失、圧力損失が大きいという問題がある。私は寒冷地域の地域暖房システムの供給制御に非常に悩んでいたことがある。もし長江流域に地域冷房を採用すると、熱供給量の調節はさらに難しいと思う。ボイラは大きくすると効率が上昇するが、冷凍機は容量がある規模より大きい場合、COP はあまり上がらないばかりか冷水搬送の維持とランニングコストが負担となる。もし、冷却水のみを送水して建物個別に冷凍機を置くとすると、送水温度が高いので熱損失が小さくなる。

8 年前に清華大学の地域冷房を計画した際に、中原先生に反対の意見を頂いた。このプロジェクトを 5 年間検討した結果、熱効率があまり良くないことがわかって、2003 年にこのプロジェクトを止めた。やはり先生の意見は正しいと思う。このプロジェクトを止めていなければ、今私は毎日その仕事に悩んで皆さんと一緒に地域冷暖房を議論する時間もないと思う(笑い)。今私は中国政府のエネルギー利用政策の制定に情報を提供する義務が付けられているので、以上の 4 点について皆さんのご意見を聞きたい。

## 2. 中原先生が、日本の地域冷暖房の発展経過を説明した。

### 地域暖冷房の黎明期

- 1970 大阪 EXPO、ここでのテーマは大規模地域冷房技術の確立そのものであったので、省エネルギーとか効率は余り問題とされなかった。但し個別よりもコスト的に有利と言う主張はなされた。  
千里ニュータウン地域冷房(日本で初めての新開発都市大規模地域冷暖房)、ここでのテーマは新開発都市への地域冷暖房の適用でコスト・エネルギーが個別方式より有利との結論で実施された。
- 1972 札幌オリンピック開催、石炭煤塵による大気汚染を低減させるために札幌都心地区、住宅団地(選手宿舎)への地域暖房開発が為された。従ってここでは大気浄化と住環境向上という明確なテーマがあった。
- 1970～1975 幾つかの地域冷暖房を建設 例として中原が設計指揮をした岡崎地域冷暖房(1973 年竣工)を建設(電力、石油、ガスを利用、蓄熱システムの採用。)
- 1968～1973 建設省の重要研究課題として、「都市における地域冷暖房の建設技術に関する研究」を東大・大林組・日建を主体とする研究チームによって問題の明示、DHC の評価方法の確立、エネルギー効率、コスト、防災性などの評価などの研究を行ったが、主体的に関与した中原がその成果を岡崎の地域冷暖房経過に応用し、徹底的なエネルギー・環境・防災・コストの評価を行って上記の方式を採用した。
- 1972 熱供給法成立、5Gcal/h 以上の複数建物への熱供給を対象、初めて行政による規制の手が入った。
- 1975～1985 石油ショック以後の地域冷暖房停滞期、プロジェクトが激減したが、東京都条例によって大気汚染浄化・防止のためのガス式冷暖房の普及が推奨され、エネルギー源転換が推奨された。
- 1980 頃～ 上記の東京都条例の公布によりガス吸収方式が東京都心地区に普及。個別熱源⇒集

中熱源に変更、油焚き機器の除去、集中式熱源の効率の向上

- 1985 頃～ 経済発展の時期。米国から氷蓄熱概念が移入、また東電による氷蓄熱の研究を嚆矢としてビルへの氷蓄熱導入の機運が高まり、これと共に電力会社による蓄熱方式の都市地域冷暖房への適用プロジェクトが増えた。
- 1990～1997 国家プロジェクトとして未利用エネルギー活用に関する技術開発プロジェクトが行われ(主査：中原)、都市廃熱の活用(ごみ処理廃熱や下水保有熱の利用など)と自然環境の有効利用(河川や海水の水系利用など)の適用の効果評価、高効率ヒートポンプの開発が為され実際のプロジェクトも多数実施された。
- 1988～2001 電力方式の一つの集約点としての実例が今朝発表のあった晴海DHCである。ここではコミショニングに準じた評価法が適用され、企画フェーズにおいて中原のチームが、電気、ガス、電気+ガス、電力+ガスコージェネなどのバリエーションシステム7種類の熱源方式を比較しエネルギー・コストを評価して最も有利なものとして、河川水を熱源水として利用する2管式全電気個別熱回収蓄熱ヒートポンプ式地域冷暖房が最もよかった。ただし、河川水(実は運河・海水)の利用が種々の理由で不可能になり、またその後、住宅を対象外とするなどの理由により、最終的には4管式熱回収蓄熱ヒートポンプ地域冷暖房方式となった。

以上によって、日本の地域冷暖房がコストや省エネルギー性を無視しているのではないと言うことがご理解願えたと思う。いろいろな方式を比較した上、最も有利なもの(エネルギー最小化、コスト最小化)が採用されたのである。

5年前、私が江先生に清華大学の地域冷暖房プロジェクトに反対した意見を言ったとすれば、確か住宅の地域暖房の計測が難しいことを考慮して(北京の地域暖房では使用者がただで熱を使用しているし、また、消費熱量を正しく測ることもできなくて、使用者が窓を開けて放熱することを思い)、地域冷房も同じように上手くできないかと思って江先生にそのように言ったように思う。

- 5年前に清華大学のDHCを計画するための検討を行った。地域暖房は計量課金システムができなければダメである。冷房は地域化と個別化がある。地域化で望ましいシステムは集中発電+電動ヒートポンプ方式だと思っている。(江)
- ⇒ 晴海地域冷暖房のような一次COPが非常に高くなることは、個別熱源方式には無理と言えるが、よく設計されれば、個別熱源方式でもCOPの向上が可能である。然しながら個別熱源の場合には、保守のレベルが極めて低く、運転性能が大きく低下するのに対し、DHCはプラントに優秀なオペレータを配備でき、熱供給法の規定も有って万全の運転保守が為されるために、効率の良いシステムがそのまま保持される可能性が高く、従って地域冷暖房が有利になる要素も大きい。日本では20～30haのDHCが多い。(中原)
- ⇒ ポンプの動力は変わらないか。(江)
- ⇒ 台数制御+インバータ制御で電力の低減はできる。(中原)
- DHC施設からの送りポンプの容量を小さなものにして、各需要家側でポンプを持つ方式はどうか。(江)

3. 江先生が、DHCの送水ポンプの容量を小さなものにして(圧力を約0Paとする)、各需要家側の分岐回路にポンプを設置する場合のメリット(各需要家の負荷に応じる流量の調節、ポンプの電力消費量の低減)について説明した。

⇒ 訪問団側から幾つかの議論があり(日本でも類似した設計例もある。大崎のDHCプラントがその方式である。)

- 大規模ヒートポンプ方式 DHC において、各建物への送水温度は同じか。(江)
- ⇒ 各建物の 2 次側送水温度に関しては晴海 DHC の場合、全て同じとしているが多くの場合、各建物で事業者や設計者・施工者が異なるため同じではない。理想的なのはブロックセントラルという考え方である。1 プラントは 50 万  $\text{m}^2$  程度に対象範囲をまとめ、IT 等を利用して管理し易くする考え方である。(柳原)
- ⇒ いろいろな負荷を一緒にすることも大切である。(中原)
- 温度差がしっかり取れないと、蓄熱式 DHC はメリットが生かせない。水蓄熱+ターボ冷凍機システムの 2 次側温度差が完璧に揃わないといけない。(柳原)
- ⇒ 冷水送水温度が需要家によって異なる場合はどうするか。(江)
- ⇒ 各建物毎にブリードイン方式等により還り温度を保証することが考えられる。(柳原)
- 個別は負担が少なくて済むという考え方もある。経済性も重要である。(江)

今回の臨時のワークショップで、江教授の質問に十分に答えることができたかどうかはわからないが、時間なのでこれで終了したい。これからもディスカッションの機会があれば議論したいと思う。(中原)