

東京都心部におけるエネルギーの面的利用に関する調査研究（その1）  
東京都心部における既存DHCプラントの実態調査に関する研究

地域冷暖房 実態調査

正会員 ○堀 英祐 \*1 正会員 市川 徹 \*4  
同 曹 鳴鳳 \*2 同 中嶋 浩三 \*5  
同 原 英嗣 \*3 名誉会員 尾島 俊雄 \*6

1. はじめに

現在、都市における省エネルギー・省CO2対策として、エネルギーの面的利用の検討が行われている。地域冷暖房システムはエネルギーの面的利用の核になりうると考えられ、地域冷暖房プラント間やコージェネレーションシステム、またごみ焼却場の排熱との連携を図り、エネルギーを融通しあうことが望まれる。しかし、検討のベースとなる地域冷暖房施設の運転データは十分に公開されているとは言えず、今後の地域冷暖房施設の普及やエネルギーの面的利用の検討のためには更なる情報公開が求められる。

そこで本研究では、既存の地域冷暖房施設の熱供給能力を時刻別単位で推定する手法を提案し、地域冷暖房施設の余剰能力利用により、安定的な面的供給の可能性の検討を行う。その為に、まず都内の既存地域冷暖房施設の実態調査を行った。そこから、地域冷暖房施設の熱製造量、機器効率、熱ロスの実態データをベースとし、現状における地域冷暖房施設の蒸気製造量を推定する計算式を作成した。最後に東京都心部における既存地域冷暖房プラントの時刻別蒸気製造量を推定式及び実態調査より把握し、余剰能力による面的熱供給の可能性を検討を行う。

2. 既存DHCプラントの実態調査

本調査研究では東京都心部にある39ヶ所の蒸気系地域冷暖房プラントを調査対象とした。調査項目は温熱・冷熱製造量と販売量、エネルギー投入量、補機動力、設備概要と供給先延床面積である。

得られたデータの内容を表1に示す。時刻別データは主に夏期、冬期、中間期における代表的な1週間分のデータである。用途別延床面積は、各プラントのパンフレット及びGISを用いて推定した。床面積合計は、社団法人熱供給事業協会が発行している熱供給事業便覧より引用した。

(1) 供給先

ここで、39ヶ所プラント全体の供給先の用途別延床面積をまとめ、図1に示す。全体的には、事務所建築物の割合が81%を占めて、供給先の単一性が分かった。

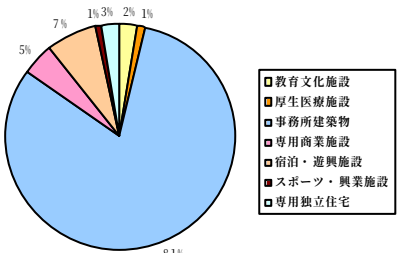


図1 用途別延床面積割合

表1 データ取得状況

| No. | データ年度 | 設備概要 | 熱製造量 |     |    |     | 熱販売量 |     |    |    | エネルギー投入量 |     |     |    | 補機動力 | プラントシステム系統番号 | 備考               |
|-----|-------|------|------|-----|----|-----|------|-----|----|----|----------|-----|-----|----|------|--------------|------------------|
|     |       |      | 時刻別  | 日別  | 月別 | 年間  | 時刻別  | 日別  | 月別 | 年間 | 時刻別      | 日別  | 月別  | 年間 |      |              |                  |
| 1   | 2004  | ○    | ○    | ○   | ○  | ○   |      |     |    |    | ○        | ○   | ○   | ○  | ○    | E            | 2004年4月～2005年3月  |
| 2   | 2004  | ○    |      |     |    | ○※3 | ○    |     |    |    |          |     | ○※3 | ○  |      | E            | ※                |
| 3   | 2004  | ○    | ○※1  |     |    |     |      |     |    |    | ○※1      |     | ○   |    |      | F            | ※                |
| 4   | 2004  | ○    | ○※1  |     |    |     |      |     |    |    | ○※1      |     | ○   |    |      | C            | ※                |
| 5   | 2004  | ○    | ○※1  |     |    |     |      |     |    |    | ○※1      |     | ○   |    |      | E            | ※                |
| 6   | 2004  | ○    | ○※1  |     |    |     |      |     |    |    | ○※1      |     | ○   |    |      | F            | ※                |
| 7   | 2004  | ○    | ○※1  |     |    |     |      |     |    |    | ○※1      |     | ○   |    |      | J            | ※                |
| 8   | 2004  | ○    | ○※1  |     |    |     |      |     |    |    | ○※1      |     | ○   |    |      | ※            | ※                |
| 9   | 2004  | ○    |      |     |    |     | ○    |     |    |    |          |     |     | ○  |      | K            | ※                |
| 10  | 2004  | ○    | ○    | ○   | ○  |     |      |     |    |    | ○        | ○   | ○   |    | ○    | H            | ※                |
| 11  | 2004  | ○    | ○※1  |     |    |     |      |     |    |    | ○※1      |     | ○   |    |      | C            | ※                |
| 12  | 2004  | ○    | ○※1  | ○   | ○  |     |      |     |    |    | ○※1      | ○   | ○   |    |      | D            | ※                |
| 13  | 2004  | ○    |      |     |    |     |      |     |    |    |          |     |     | ○  |      | ※            | ※                |
| 14  | 2004  | ○    | ○    | ○   | ○  |     | ○    |     |    |    | ○        | ○   | ○   |    |      | E            | ※                |
| 15  | 2004  | ○    | ○    | ○   | ○  |     |      |     |    |    | ○        | ○   | ○   |    | ○    | H            | ※                |
| 16  | 2004  | ○    |      |     |    |     | ○    |     |    |    |          |     |     | ○  |      | K            | ※                |
| 17  | 2004  | ○    |      |     |    |     | ○    |     |    |    |          |     |     |    |      | ※            | ※                |
| 18  | 2004  | ○    |      |     |    |     |      |     |    |    |          |     |     |    |      | K            | ※                |
| 19  | 2004  | ○    |      |     |    |     | ○    |     |    |    |          |     | ○   |    |      | J            | ※                |
| 20  | 2004  | ○    | ○※1  |     |    |     |      |     |    |    |          |     |     |    |      | C            | ※                |
| 21  | 2004  | ○    |      |     |    |     | ○    |     |    |    |          |     |     |    |      | C            | ※                |
| 22  | 2003  | ○    |      |     |    |     |      |     |    |    | ○        |     |     |    |      | G            | 2003年4月～2004年3月  |
| 23  | 2004  | ○    |      |     |    |     |      |     |    |    | ○        |     |     |    |      | F            | 2004年4月～2005年3月  |
| 24  | 2003  | ○    |      |     |    |     | ○※1  |     |    |    |          |     |     |    |      | D            | 2003年4月～2004年3月  |
| 25  | 2003  | ○    |      |     |    |     | ○    |     |    |    |          |     |     |    |      | C            | 2003年度の年間値       |
| 26  | 2004  | ○    |      |     |    |     | ○※1  | ○   | ○  | ○  | ○※1      |     |     |    |      | C            | 2004年4月～2005年3月  |
| 27  | 2001  | ○    |      |     |    |     | ○※1  |     |    |    |          |     |     |    |      | F            | 2001年1月～2001年12月 |
| 28  | 2003  | ○    |      |     |    |     | ○    |     |    |    |          |     |     |    |      | E            | 2003年度の年間値       |
| 29  | 2004  | ○    |      |     |    |     | ○※1  |     |    |    | ○        |     |     |    |      | F            | 2004年1月～2004年12月 |
| 30  | 2003  | ○    | ○※2  | ○※2 | ○  |     | ○※2  | ○※2 | ○  | ○  | ○※2      | ○※2 | ○   | ○  | ○    | E            | 2003年10月～2004年9月 |
| 31  | 2003  | ○    | ○※2  | ○※2 | ○  |     | ○※2  | ○※2 | ○  | ○  | ○※2      | ○※2 | ○   | ○  | ○    | A            | 2003年10月～2004年9月 |
| 32  | 2003  | ○    | ○※2  | ○※2 | ○  |     | ○※2  | ○※2 | ○  | ○  | ○※2      | ○※2 | ○   | ○  | ○    | B            | 2003年10月～2004年9月 |
| 33  | 2004  | ○    |      |     |    |     | ○    |     |    |    |          |     |     |    |      | C            | 2004年4月～2005年3月  |
| 34  | 2003  | ○    | ○※2  | ○※2 | ○  |     | ○※2  | ○※2 | ○  | ○  | ○※2      | ○※2 | ○   | ○  | ○    | A            | 2003年10月～2004年9月 |
| 35  | 2004  | ○    |      |     |    |     |      |     |    |    | ○        |     |     |    |      | K            | 2004年4月～2005年3月  |
| 36  | 2004  | ○    |      |     |    |     |      |     |    |    |          |     |     |    |      | E            | ※                |
| 37  | 2004  | ○    |      |     |    |     |      |     |    |    |          |     |     |    |      | C            | ※                |
| 38  | 2004  | ○    |      |     |    |     | ○    |     |    |    |          |     |     |    |      | C            | ※                |
| 39  | 2004  | ○    |      |     |    |     |      |     |    |    |          |     |     |    |      | I            | ※                |

(2) 機器能力

① 吸収冷凍機

詳細なデータが得られた3つのプラントについて、各吸収冷凍機の負荷率に対するCOPを分析する。

プラント全体の吸収冷凍機による製造冷熱量に対する吸収冷凍機のための総合効率(プラント冷熱COP(吸収冷凍機のみ))を分析する。結果を図2に示す。

プラントCOP(吸収冷凍機のみ)の算出式を以下に示す。

$$P - AR_{load} = \frac{\sum C_h}{\sum AR_p}$$

$$P - COP_{AR} = \frac{\sum C_h}{\sum S_{AR}}$$

$$P - AR_{load} : \text{プラントCOP (吸収冷凍機のみ)}$$

$$C_h : h \text{ 時における冷熱製造量 (GJ/h)}$$

$$AR_p : \text{定格冷熱製造能力 (GJ/h)}$$

$$P - COP_{AR} : \text{吸収冷凍機のエネルギー消費効率, COP}$$

$$S_{AR} : \text{消費蒸気量 (GJ/h)}$$

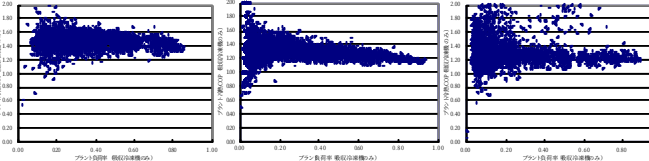


図2 プラント負荷率(吸収冷凍機のみ)に対するプラントCOP(No.1,10,16)

各プラントの平均プラント負荷率(吸収冷凍機のみ)は、No.1は0.27、No.10は0.06、No.16は0.12となる。プラント冷熱COP(吸収冷凍機のみ)は、No.1は1.48、No.10は1.35、No.16は1.34となった。

図3にプラント負荷率(吸収冷凍機のみ)の累積負荷曲線を示す。各プラントのピーク時のプラント冷熱負荷(吸収冷凍機のみ)は、No.1は0.86、No.10は0.93、No.16は0.89となった。また全負荷相当稼動時間は、No.1は1,362時間、No.10は1,362時間、No.16は1,112時間である。

## ②ターボ冷凍機

各プラントの各ターボ冷凍機の負荷率に対するCOPを分析する。プラント全体のターボ冷凍機による製造冷熱量に対するターボ冷凍機のための総合効率(プラント冷熱COP(ターボ冷凍機のみ))を分析する。結果を図4に示す。

プラントCOP(ターボ冷凍機のみ)の算出式を以下に示す。

$$P-TR_{load} = \frac{\sum C_h}{\sum TR_p}$$

$$P-COP_{TR} = \frac{\sum C_h}{\sum E_{TR}}$$

$P-TR_{load}$ : プラントCOP (ターボ冷凍機のみ)  
 $C_h$ :  $h$ 時における冷熱製造量 (GJ/h)  
 $TR_p$ : 定格冷熱製造能力 (GJ/h)  
 $P-COP_{TR}$ : ターボ冷凍機のエネルギー消費効率, COP  
 $E_{TR}$ : 消費電力量 (GJ/h)

各プラントの平均プラント負荷率(ターボ冷凍機のみ)は、No.1は0.12、No.10は0.23、No.16は0.70となる。プラント冷熱COP(ターボ冷凍機のみ)は、No.1は4.46、No.10は4.32、No.16は3.27となった。

図5にプラント負荷率(ターボ冷凍機のみ)の累積負荷曲線を示す。各プラントのピーク時のプラント冷熱負荷(ターボ冷凍機のみ)は、No.1は0.36、No.10は0.50、No.16は0.89となった。また全負荷相当稼動時間は、No.1は1,056時間、No.10は2,057時間、No.16は6,150時間である。

## ③熱ロス

各プラントの熱ロスを算出する。各種熱ロスは以下のように定義する。

$$L = \frac{H_s - H_u}{H_s}$$

$L$ : 熱ロス  
 $H_s$ : 熱製造量 (GJ)  
 $H_u$ : 熱販売量 (GJ)

各プラントにおいて、それぞれの供給熱種について日別販売量と日別供給量から、熱ロスを算出した。図6に温熱ロス(蒸気)、図7に冷熱ロス、図8に温熱ロス(温水)を示す。図は、それぞれ左から1月1日、右は12月31日と時系列となっている。

図6より、基本的に夏期の温熱ロス(蒸気)の比率が高くなる傾向にある。年間の値での温熱ロス(蒸気)は、No.1は0.25、No.10は0.40、No.16は0.37とかなり高い。図7より冷熱ロスは、プラントによる差は小さく、年間の値による、No.1は0.07、No.10は0.10、No.16は0.07となっている。図8より温熱ロス(温水)は、今回の調査ではNo.16のみ温水供給を行っている。しかし、供給量そのものが小

さく、また期間も限定されている。年間の値による温熱ロス(温水)は、0.22であり、蒸気に比べて小さい。

次に、一日当たりの販売量と温熱ロス(蒸気)の関係を分析する。一日当たりの販売量は、年間の最高販売量を1とした場合の各日の販売量を比率で表した蒸気販売量比率として示す。各プラントの関係性を図9に示す。図より、蒸気販売量が大きくなる程、温熱ロス(蒸気)が小さくなる事がわかる。それぞれの関係性を対数近似で近似式の作成を行った。各プラントの近似式と近似式と実際値との相関性を図中に示す。近似式の係数よりNo.10とNo.16は、類似した挙動を示している。

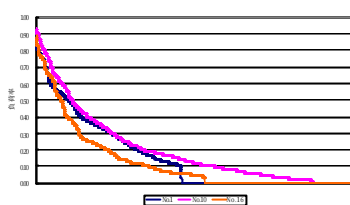


図3 プラント負荷率(吸収冷凍機のみ)の累積負荷曲線

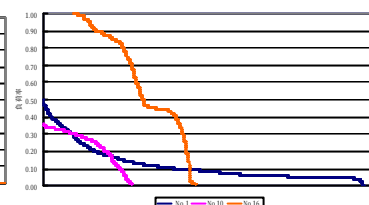


図5 プラント負荷率(ターボ冷凍機のみ)の累積負荷曲線

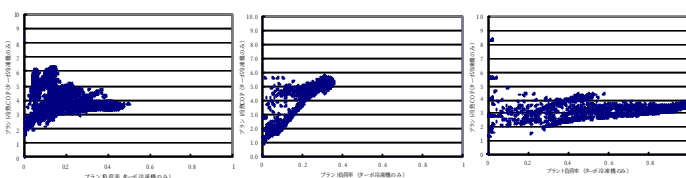


図4 プラント負荷率(ターボ冷凍機のみ)に対するプラントCOP(No.1,10,16)

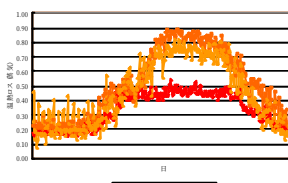


図6 温熱ロス(蒸気)

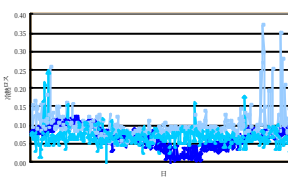
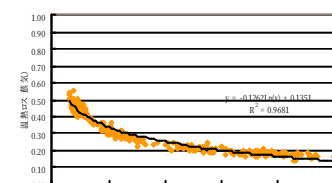


図7 冷熱ロス

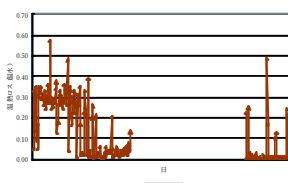
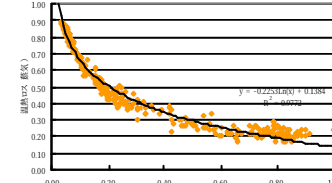


図8 温熱ロス(温水)

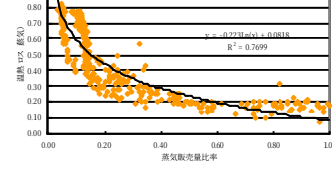


図9 温熱ロスと蒸気販売量比率(No.1,10,16)

\*1 早稲田大学大学院修士課程

\*2 早稲田大学大学院博士後期課程

\*3 国士舘大学工学部建築デザイン工学部講師・工博

\*4 東京ガス株式会社エネルギー企画部・工博

\*5 早稲田大学理工総研客員講師

\*6 早稲田大学理工学部建築学科教授・工博

\*1 Graduate school, Waseda Univ.

\*2 Graduate school, Waseda Univ.

\*3 Assistant Prof. Kokushikan Univ. Dr.Eng.

\*4 TOKYO GAS Co.,Ltd. Dr.Eng

\*5 Assistant Prof. Waseda Univ.

\*6 Prof. Waseda Univ. Dr.Eng.

# 東京都心部におけるエネルギーの面的利用に関する調査研究（その2） 東京都心部における既存DHCプラントの実態調査に関する研究

地域冷暖房 重回帰分析 予測 蒸気製造量 負荷率

正会員 ○曹 鳴鳳\*1 正会員 市川 徹 \*4  
同 堀 英祐\*2 同 中嶋 浩三\*5  
同 原 英嗣\*3 名誉会員 尾島 俊雄 \*6

## 1. はじめに

ここで、年間合計蒸気製造量を把握するために、時刻別データを得られないプラントに関しては、重回帰分析手法を用いて、時刻別販売量を算出する予測式を作成し、その上で、時刻別蒸気製造量を算出する予測式を作成する。

都心部39ヶ所の蒸気系DHCプラントの施設概要と年間時刻別蒸気販売量と蒸気製造量をまとめた。各々のプラントの概要と稼働負荷及び全体の稼働負荷を明らかにした。

## 2. 冷熱・温熱販売量、蒸気販売量の予測

年間販売量もしくは月別販売量しかデータの得られなかったDHCプラントの時刻別販売量と時刻別蒸気製造量を算出する予測式を作成する。

図1に年間販売量から時刻別販売量を算出する手順を示す。各予測手法を以下に示す。

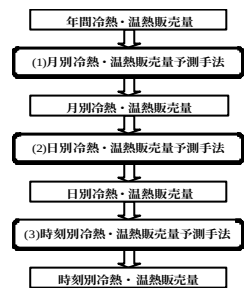


図1 冷熱・温熱販売量算出手順

### (1) 月別冷熱・温熱販売量予測手法

DHCプラント(プラントNo.1、No.2、No.12、No.19、No.23、No.26)の2004年度における月別冷熱販売量及び温熱販売量より月別各熱販売量の予測式の作成を行なう。

予測式は、目的変数として単位面積当たりの各月の熱販売量(kJ/m<sup>2</sup>)、説明変数として需要家建物の用途別延べ床面積比率、月別冷房度日合計と月平均気温を組み合わせ、重回帰分析を行った。また重回帰分析は、温熱、冷熱を別々に行った。

よって、予測式を用いた各月の販売量算出式は、以下のようになる。

#### ■月別冷熱販売量

$$C_m = 27.7718828S_0 - 152.815963S_w - 179.53544S_H + 0.19436238DD_m + 2.24121889T_m + 24.4199029$$
$$C'_m = C_y \times \frac{C_m}{\sum_{n=1}^{12} C_n}$$

#### ■月別温熱販売量

$$H_m = 9.176137S_0 - 40.8587S_H + 0.069663DD_m + 11.51965$$
$$H'_m = H_y \times \frac{H_m}{\sum_{n=1}^{12} H_n}$$

$C_m(H_m)$ : m月における単位面積当たりの暖(冷)熱販売量 (kJ/m<sup>2</sup>)

$S_0$ : 需要家の事務所建築物の延べ床面積比率

$S_w$ : 需要家の厚生医療施設の延べ床面積比率

$S_H$ : 需要家の宿泊・遊興施設の延べ床面積比率

$DD_m$ : m月の冷(暖)房度日D22-22(D18-18)合計

$T_m$ : m月の平均気温℃

$C'_m(H'_m)$ : m月における単位面積当たりの冷(温)熱販売量 (GJ)

$C_y(H_y)$ : y年度の冷(温)熱販売量 (実績値) (GJ)

### (2) 日別冷熱・温熱販売量予測手法

プラントNo.1、プラントNo.10、プラントNo.16の3プラントから日別の冷熱・温熱販売量のデータが得られた。ここでは、プラントNo.1のデータを用いて、日別の予測式を作成する。

### ■ 日別冷熱販売量

$$C_d = -3.96 \times 10^{-8} T_d^4 + 2.695 \times 10^{-6} T_d^3 - 5.36 \times 10^{-5} T_d^2 + 4.54 \times 10^{-4} T_d - 0.000155$$

$$C'_m(Holiday) = C'_m \times \frac{D_m(Holiday) \cdot E_{c-m(Holiday)}}{D_m(Holiday) \cdot E_{c-m(Holiday)} + D_m(Weekday) \cdot E_{c-m(Weekday)}}$$

$$C'_m(Weekday) = C'_m \times \frac{D_m(Weekday) \cdot E_{c-m(Weekday)}}{D_m(Holiday) \cdot E_{c-m(Holiday)} + D_m(Weekday) \cdot E_{c-m(Weekday)}} \quad \text{ただし}$$

$$E_{c-m(Weekday)} = \sum_{n=1}^7 S_n \cdot E_{nc-m} \quad E_{c-m(Holiday)} = 0.3 \cdot S_1 \cdot E_{1c-m} + \sum_{n=2}^7 S_n \cdot E_{nc-m}$$

$$C'_{d(Weekday)} = C'_m(Weekday) \times \frac{C_d}{\sum C_{d(Weekday)}} \quad C'_{d(Holiday)} = C'_m(Holiday) \times \frac{C_d}{\sum C_{d(Holiday)}}$$

### ■ 日別温熱販売量

$$H_d = -7.72 \times 10^{-8} T_d^4 + 5.43 \times 10^{-6} T_d^3 - 1.1471 \times 10^{-4} T_d^2 + 4.139 \times 10^{-4} T_d + 0.007392$$

$$H'_m(Holiday) = H'_m \times \frac{D_m(Holiday) \cdot E_{h-m(Holiday)}}{D_m(Holiday) \cdot E_{h-m(Holiday)} + D_m(Weekday) \cdot E_{h-m(Weekday)}}$$

$$H'_m(Weekday) = H'_m \times \frac{D_m(Weekday) \cdot E_{h-m(Weekday)}}{D_m(Holiday) \cdot E_{h-m(Holiday)} + D_m(Weekday) \cdot E_{h-m(Weekday)}} \quad \text{ただし}$$

$$E_{h-m(Weekday)} = \sum_{n=1}^7 S_n \cdot E_{nh-m} \quad E_{h-m(Holiday)} = 0.3 \cdot S_1 \cdot E_{1h-m} + \sum_{n=2}^7 S_n \cdot E_{nh-m}$$

$$H'_{d(Holiday)} = H'_m(Holiday) \times \frac{H_d}{\sum H_{d(Holiday)}} \quad H'_{d(Weekday)} = H'_m(Weekday) \times \frac{H_d}{\sum H_{d(Weekday)}}$$

$C_d(H_d)$ : d日の暖熱販売比率

$C_d(H_d)(Holiday)$ : d日(休日)の暖(冷)熱販売比率

$C_d(H_d)(Weekday)$ : d日(平日)の暖(冷)熱販売比率

$C'_d(H'_d)(Holiday)$ : d日(休日)の冷(温)熱販売量 (GJ)

$C'_d(H'_d)(Weekday)$ : d日(平日)の冷(温)熱販売量 (GJ)

$T_d$ : d日の平均気温℃

$C'_m(H'_m)$ : m月における単位面積当たりの冷(温)熱販売量 (GJ)

$C'_m(H'_m)(Holiday)$ : m月における休日の単位面積当たりの冷(温)熱販売量合計値 (GJ)

$C'_m(H'_m)(Weekday)$ : m月における平日の単位面積当たりの冷(温)熱販売量合計値 (GJ)

$D_m(Holiday)$ : m月の休日日数 (日)

$D_m(Weekday)$ : m月の平日日数 (日)

$S_n$ : 需要家のn用途建物の延べ床面積比率 (1: 事務所建築物, 2: 厚生医療施設, 3: 宿泊・遊興施設, 4: 専用商業施設, 5: 教育文化施設, 6: スポーツ・興業施設, 7: 専用独立住宅)

$Enc-m(Enh-m)$ : n用途建物のm月の冷(温)熱消費原単位データ (1: 事務所建築物, 2: 厚生医療施設, 3: 宿泊・遊興施設, 4: 専用商業施設, 5: 教育文化施設, 6: スポーツ・興業施設, 7: 専用独立住宅)

### (3) 時刻別冷熱・温熱販売量予測手法

建物の冷熱、温熱消費原単位データ(季節別(夏期、冬期、中間期)時刻別消費量)及び各プラントの需要家用途別床面積比より、時刻別の冷熱、温熱消費パターンを作成し、日別冷熱・温熱販売量の予測値より時刻別冷熱・温熱販売量を算出する。算出式は、以下のようになる。

#### ■ 時刻別冷熱販売量

$$E_{c-dh} = \sum_{n=1}^7 S_n \cdot E_{nc-dh} \quad C'_{dh} = C'_d \times \frac{E_{c-dh}}{\sum_{n=1}^{24} E_{c-dn}}$$

#### ■ 時刻別温熱販売量

$$E_{h-dh} = \sum_{n=1}^7 S_n \cdot E_{nh-dh} \quad H'_{dh} = H'_d \times \frac{E_{h-dh}}{\sum_{n=1}^{24} E_{h-dn}}$$

$C'_{dh}(H'_{dh})$ : d日のh時における冷(温)熱販売量 (GJ)

$C_d(H_d)$ : d日の冷(温)熱販売量 (GJ)

$S_n$ : 需要家のn用途建物の延べ床面積比率 (1: 事務所建築物, 2: 厚生医療施設, 3: 宿泊・遊興施設, 4: 専用商業施設, 5: 教育文化施設, 6: スポーツ・興業施設, 7: 専用独立住宅)

$Enc-dh(Enh-dh)$ : n用途建物のm月の冷(温)熱消費原単位データ (1: 事務所建築物, 2: 厚生医療施設, 3: 宿泊・遊興施設, 4: 専用商業施設, 5: 教育文化施設, 6: スポーツ・興業施設, 7: 専用独立住宅)



#### (4) 蒸気製造量の推定

以上のプロセスを経て、時刻別温熱販売量、冷熱販売量を推定した。この値より、時刻別蒸気製造量の推定を行う。蒸気供給を行うプラントのシステムの想定及びエネルギーフローとして、図2に示すモデルを考える。

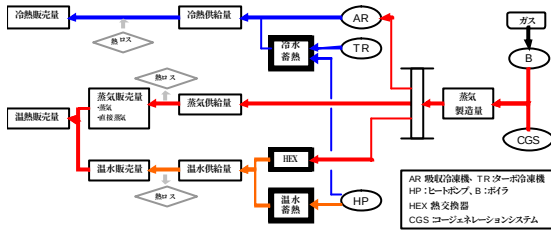


図2 プラントシステム想定モデル

#### 4. 予測手法の検証

##### (1) 熱販売量予測手法の検証

各プラントの冷熱、温熱販売量の年間値を用いた場合の予測と実績値とを比較し、予測手法の妥当性を検証する。ここで、検証用に用いるプラントは、時刻別のデータが得られたプラントNo.1、プラントNo.10、プラントNo.16とする。相関値は、いずれの場合も高い結果を得られた。

##### (2) 蒸気量予測手法の検証

蒸気量の予測手法と実績値との比較を行う。ここではプラントNo.10とプラントNo.16の時刻別蒸気量予測と実績値との比較を行う。精度が高いことが確認できた。

#### 5. 予測結果

##### (1) 蒸気製造量負荷率比較

各プラントにおける蒸気製造量のプラント負荷率累積曲線の比較を行う。各時間のプラント負荷率は、以下の式より算出する。

$$Lds_h = \frac{S_h + CGS_h}{\sum B_p + CGS_p}$$

Lds<sub>h</sub>: プラント負荷率 (蒸気)  
S<sub>h</sub>: ある時間におけるボイラによる蒸気製造量 (GJ)  
CGS<sub>h</sub>: ある時間におけるCGSからの受入排熱量 (GJ)  
B<sub>p</sub>: ボイラの加熱能力 (GJ/h・台)  
CGS<sub>p</sub>: CGSの排熱回収能力 (GJ/h)

図3に年間プラント負荷率、図4に時刻別を示す。

図中の赤い線は、全プラントの平均値である。

年間負荷率では平均0.21となり、高いプラントでは0.39

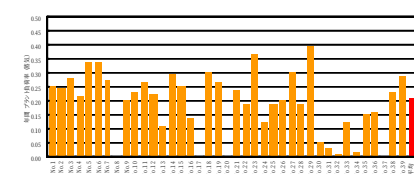


図3 年間プラント負荷率 (ボイラのみ)

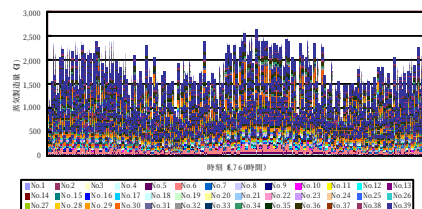


図6 時刻別累計蒸気製造量

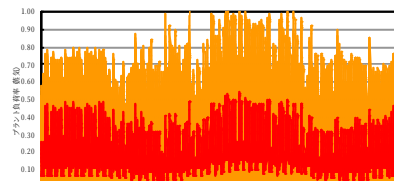


図4 時刻別プラント負荷率 (ボイラのみ)

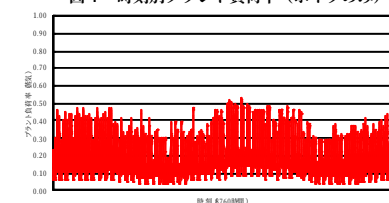


図7 時刻別プラント負荷率 (蒸気)

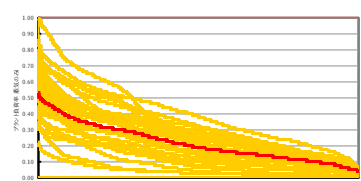


図5 プラント負荷率 (蒸気のみ)

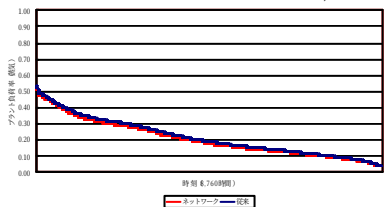


図8 累積プラント負荷率 (蒸気) 曲線

となる。また月別では、夏期のプラント負荷率が高い傾向にある。日別では、休日、平日との差がみられ、平均では、低い時で0.15前後、高い夏場において0.32前後まで2倍の変動差が確認できる。時刻別より、平均でピークは夏期にあり、0.50前後となる。またプラントによって差が大きく見られる結果となった。

次に累積負荷曲線を図5に示す。図より、プラントによりばらつきが見られる。平均ではピーク時に負荷率が0.54となる。

##### (2) 全プラントによる蒸気製造量負荷率の推定

熱源ネットワークを想定した場合、現在ある地域冷暖房施設の担う役割は大きいものと考えられる。そこで、今回、調査対象であるプラントの現状の蒸気製造実態を試算する。

今回の調査対象のうち、蒸気量データの推定が可能であったプラント数は35ヶ所である。それらの加熱能力(蒸気)(CGS含む)の総計は、約4.95TJ/hとなる。各プラントの累計蒸気製造量を図6に示す。

また、調査対象を一つのプラントと捉えた場合の時刻別プラント負荷率を図7に、プラント負荷率累積曲線を図8に示す。図より、年間のピーク負荷率は、0.53である。また年間を通して、昼夜の負荷の変動は大きいものの、夏期、冬期、中間期の変動が少ないことが確認できる。

地域冷暖房同士による熱源ネットワークが行われた場合、加熱能力から現状の供給地域の倍の面積に対し、供給が可能であることがわかる。しかし、負荷平準化の効果があまり見えない。その理由としては、現状の供給先の単一性(事務所系81%)と考えられる。

#### 6. まとめ

本研究の成果として、東京都心部における既存蒸気系DHCプラントの施設概要、供給先と運転実態を明らかにした。今後の展望として、多様な供給先を取り込む熱源ネットワークの構築によるDHCプラントの更なる発展が望まれる。

\*1 早稲田大学大学院博士後期課程

\*2 早稲田大学大学院修士課程

\*3 国士舘大学工学部建築デザイン工学部講師・工博

\*4 東京ガス株式会社エネルギー企画部・工博

\*5 早稲田大学理工総研客員講師

\*6 早稲田大学理工学部建築学科教授・工博

\*1 Graduate school, Waseda Univ.

\*2 Graduate school, Waseda Univ.

\*3 Assistant Prof. Kokushikan Univ. Dr.Eng.

\*4 TOKYO GAS Co.,Ltd. Dr.Eng

\*5 Assistant Prof. Waseda Univ.

\*6 Prof. Waseda Univ. Dr.Eng.

# 東京都心部におけるエネルギーの面的利用に関する調査研究(その3) ごみ焼却熱及びCGS排熱を活用した熱源ネットワークの構築に関する研究

熱源ネットワーク ごみ焼却熱 地域冷暖房  
コージェネレーションシステム

正会員 ○藤木 洋徳 \*1 正会員 市川 徹 \*4  
同 曹 鳴鳳 \*2 同 中嶋 浩三 \*5  
同 原 英嗣\* 3 名誉会員 尾島 俊雄 \*6

## 1. 研究背景・目的

今日、我が国の都市部におけるエネルギーの効率的利用が求められている。その具体的な対策として、都市レベルの対策で未利用エネルギーの活用、地区レベルでの対策でコージェネレーションシステム（以下CGS）の導入が挙げられる。しかし、東京都では河川水・下水等の温度差エネルギーやごみ焼却熱などの未利用エネルギーが多く分布しているものの、未利用エネルギー源の多くがエネルギー需要の高い建物高集積地域とは離れた場所に立地しているために有効活用出来ていない現状にある。また、CGSの導入実績は年々増加しているものの、個別建物における導入は、ある程度熱需要が高く、発生する排熱を有効利用できる施設に限られている。東京都心部において未利用エネルギーを有効活用するためには空間的な隔たりを解消する必要がある、また、CGSの普及を促すためには排熱の受け皿としての熱供給インフラの整備が必要となる。そこで、熱供給インフラを広域に整備することにより、未利用エネルギー源と熱需要発生地域との空間的な隔たりを解消することができ、未利用エネルギーの有効活用が可能となる。また、CGSの排熱を有効利用することが可能となるため、より一層のCGSの省エネ性、環境性の効果の向上に期待ができる。以上の背景から、本研究では未利用エネルギーに該当する、ごみ焼却熱およびCGSの排熱を活用した広域な熱供給インフラ(以降熱源ネットワーク)を東京都心部において提案し、その熱源ネットワークを整備することによるエネルギー削減効果、CO2削減効果の把握を行う。

## 2. 熱源ネットワークの構築

### 2.1 提案熱源ネットワークの構築条件

本研究における熱源ネットワーク構築条件を以下に示す。

- ・ネットワーク導管敷設費用や導管内の熱損失を考慮し、熱需要発生地域に隣接している清掃工場を選定する。
- ・各清掃工場の各焼却炉は年間50日程度のメンテナンス期間があり、期間中は稼働停止することから、ごみ焼却熱を安定して供給するために複数箇所の清掃工場を熱源ネットワークへ組込む。
- ・清掃工場における製造蒸気量は、メンテナンス期間を除き、通年一定であるためベース負荷への供給に適している。そのため、ごみ焼却熱を有効活用するためにはある程度のベース負荷を確保する必要がある。そこで、ベース負荷をある程度確保するために、多くの需要家（DHC供給エリア）を対象とした熱源ネットワークを整備する。

以上の条件から、熱需要発生地域に隣接する清掃工場を選定し、DHCが多く存在する地域を今回の熱源ネットワーク対象エリアとする。本研究では、池袋、新宿、渋谷・恵比寿、大崎・品川エリア（西側副都心エリア）を対象エリアとして選定した。

### 2.2 供給熱媒体の選定

ネットワークルートは図1のように設定した。この熱源ネットワーク周辺には蒸気を媒体として温熱供給が行われている既存DHCプラントが12箇所、温水を媒体として温熱供給が行われている既存プラントが4箇所、温水と蒸気の2つを媒体として温熱供給が行われているプラントが4箇所存在する。このエリアにおけるほとんどのDHCが蒸気ボイラと蒸気吸収式冷凍機を保有していることから既存設備の活用という点において、提案熱源ネットワークの供給

媒体として蒸気が相応しいものと思われる。そこで、熱源ネットワークの熱供給媒体として蒸気を選択し、蒸気媒体により温熱供給が行われているDHCを提案熱源ネットワークの対象DHCとする。



図1 熱源ネットワークルートおよび対象DHCの分布

## 3. ごみ焼却熱およびCGS排熱を活用した熱源ネットワークの評価

### 3.1 ケース設定

まず、提案熱源ネットワークを熱源構成別でケース設定する。

Case1では、目黒清掃工場、港清掃工場、豊島清掃工場、渋谷清掃工場、品川清掃工場の5つの清掃工場における余剰排熱を活用した熱源ネットワークを構築する。Case2では、Case1と同じ需要家（DHC）、同様の熱源ネットワーク導管を整備した場合を想定し、大規模CGSを導入した場合の評価を行う。大規模CGSの導入箇所として、周辺市街地再開発地区を想定する。Case3では、Case1と同じ需要家（DHC）、同様の熱源ネットワーク導管を整備した場合を想定し、5つの清掃工場における余剰排熱および大規模CGSを導入した場合の評価を行う。CGSを導入する地区はCase2と同様、周辺市街地再開発地区とする。

### 3.2 各Caseの比較

各Caseにおけるエネルギー削減効果、CO2削減効果、経済性の算出結果の比較を行う。エネルギー削減効果、CO2削減効果に関しては各Caseの年間エネルギー削減量の最大値、年間CO2削減量の最大値の比較を行う。また、経済性の評価では各Case（Case1を除く）において最大値が発生するCGS出力を選定し、それぞれの単純回収年数の比較を行う。

図2に各Caseにおける年間エネルギー削減量の最大値を示している。Case2はエネルギー削減効果が最も高い12万kWのCGS、Case3では4万kWのCGSを導入した場合を想定している。エネルギー削減効果はCase1、Case2、Case3の順に高い効果を示す結果となった。図3に各Caseにおける年間CO2削減量の最大値を示す。ここでは火力平均CO2排出原単位と全電源平均CO2排出原単位を用いた場合の2通りの算出結果を示している。全電源平均CO2排出原単位

を使用した場合、Case2はCGS出力が8万kWのとき最も効果が高く、Case3では1.5万kWのCGSを導入した場合が最も効果が高い。全電源平均CO<sub>2</sub>原単位を用いた場合、熱源ネットワーク全体でのCGS導入によるCO<sub>2</sub>削減効果は非常に小さくなるため、Case2、Case1、Case3の順で効果が向上する結果となった。また火力平均CO<sub>2</sub>排出原単位を使用した場合、Case2はCGS出力が25万kWのとき最も効果が高く、Case3では12万kWのCGSを導入した場合が最も効果が高い。火力平均CO<sub>2</sub>排出原単位を用いると、全電源平均とは逆にCGS導入によるCO<sub>2</sub>削減効果が高く、Case1、Case3、Case2の順に効果が向上する結果となった。

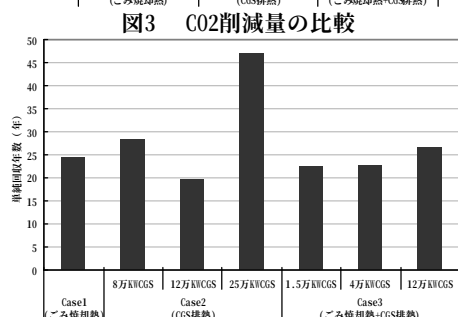
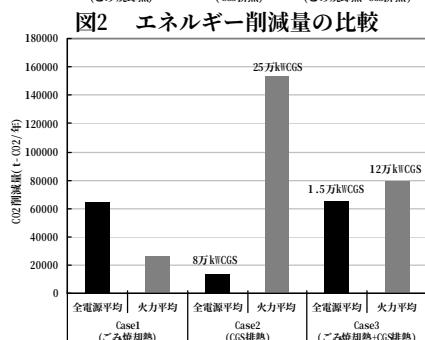
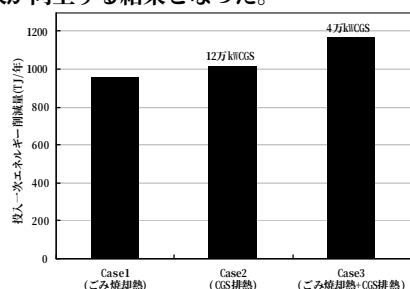


図4 単純回収年数の比較

図4に、各Caseにおけるエネルギー削減効果、CO<sub>2</sub>削減効果（全電源平均および火力平均CO<sub>2</sub>排出原単位による2通り）が最も高いCGS容量を選定した場合の単純回収年数を算出した結果を示す（「都市熱源ネットワーク」による事業費補助2/3（国1/3+自治体1/3）を想定）。Case2では、CGSの出力により回収年数が大きく変動することが分かる。火力平均CO<sub>2</sub>排出原単位を用いた場合のCO<sub>2</sub>削減効果が最も高い25万kW出力のCGSを導入した場合、単純回収年数が50年近くとなる。このことから、CGSのみを熱源とした熱源ネットワークを構築する際に、省CO<sub>2</sub>性を優先して比較的大規模なCGSを導入することは、経済性の観点から困難であると考えられる。

\*1 大阪ガス株式会社

\*2 早稲田大学大学院博士後期課程

\*3 国士舘大学工学部建築デザイン工学部講師・工博

\*4 東京ガス株式会社エネルギー企画部・工博

\*5 早稲田大学理工総研客員講師

\*6 早稲田大学理工学部建築学科教授・工博

熱源ネットワークへ導入するCGSは当然エネルギー削減、CO<sub>2</sub>削減に貢献するもので無ければならないが、CGSの出力は単純回収年数に強い影響を与えるものであるため、事業性と省エネ性、環境性のバランスにより導入するCGSを選定する必要がある。

#### 4. 供給エリア拡張の有効性

最後に、清掃工場発生蒸気を全て熱供給した場合を想定し、熱源ネットワークの熱供給エリアを拡張することの有効性を示す。供給エリアの拡張対象地域として、地域冷暖房推進地域を選定する。供給エリア拡張対象地域は、ネットワーク導管（池袋～品川）から200m、400m、600m、800m、1000mの範囲に当たる地域冷暖房推進地域（既存DHC及び将来DHC供給エリアを除く）の5通りのケースを設定する。また、その5通りの地区内の建物データを抽出し、建物全てに冷温熱を供給する場合を想定し、DHCの蒸気製造量を算出する。

以降各ケースにおける省エネ性、省CO<sub>2</sub>性、経済性を算出し、供給エリアを拡張することの有効性を示す。以下図5～図7に供給エリアを拡張した際のエネルギー削減量、CO<sub>2</sub>削減量、導管敷設費用単純回収年数を示す。清掃工場発生蒸気の有効回収率は、需要家を増加させるほど向上するため、対象範囲を増加させるほど投入一次エネルギー削減効果、CO<sub>2</sub>削減効果、経済性が向上することが分かる。

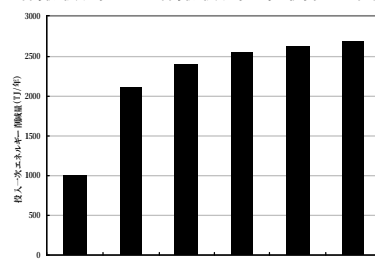


図5 供給エリア拡張に伴うエネルギー削減効果の向上

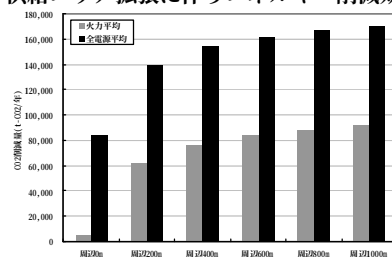


図6 供給エリア拡張に伴うCO<sub>2</sub>削減効果の向上

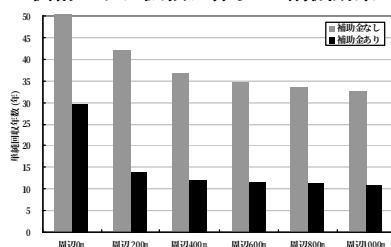


図7 供給エリア拡張に伴う経済性の向上

ただし、供給エリアを拡張するためには、ネットワークの整備に伴いDHCの推進を強化する必要がある、また清掃工場の発生蒸気全てを熱供給する場合、パリの熱源ネットワーク事例に見られるように、ごみ焼却熱を100%熱供給することの義務付けを行う必要がある。

\*1 Osaka GAS Co.,Ltd.

\*2 Graduate school, Waseda Univ.

\*3 Assistant Prof. Kokushikan Univ. Dr.Eng.

\*4 TOKYO GAS Co.,Ltd. Dr.Eng

\*5 Assistant Prof. Waseda Univ.

\*6 Prof. Waseda Univ. Dr.Eng.



# 東京都心部におけるエネルギーの面的利用に関する調査研究（その4） 大規模CGSの導入による面的エネルギー利用の有効性に関する研究

地域冷暖房 大規模CGS 広域熱・電力供給  
熱負荷平準化効果 熱源ネットワーク

正会員 ○渡邊 直樹 \*1 正会員 市川 徹 \*4  
同 曹 鳴鳳 \*2 同 中嶋 浩三 \*5  
同 原 英嗣 \*3 名誉会員 尾島 俊雄 \*6

## 1. 研究背景・目的

京都議定書により日本は2012年までに1990年比6%のCO2排出量削減を義務付けられている。都市レベルでエネルギー効率を高めるための一手法として地域冷暖房(DHC)があるが、現在そのポテンシャルが100%活用されているとは言い難い。一方海外においては、大規模コージェネレーションシステム(CGS)による広域熱・電力供給システムや、清掃工場排熱の受け入れによる熱源ネットワーク等を構築し、日本よりも広域な都市レベルで地域冷暖房が有効活用されている。

そこで本研究では、仮に熱供給事業法および現状の地域冷暖房がない場合を想定し、大規模CGSプラントにより東京都心部霞ヶ関周辺地域への広域熱・電力供給を行った場合にどれだけ環境性に寄与できるのかを明らかにすることを目的とする。また、大規模CGSプラントと現状のDHCプラントの連携による熱源融通の検討および評価を行い、東京都心部における大規模CGSを活用した熱源ネットワークの有効性を明らかにする。

## 2. 詳細検討範囲の決定

東京の業務集積地域である大丸有、霞ヶ関、赤坂六本木周辺エリアにおける面的エネルギー利用の検討範囲として、図1の範囲を選定した。麻布広尾エリアに集合住宅が多い点が特徴的である。

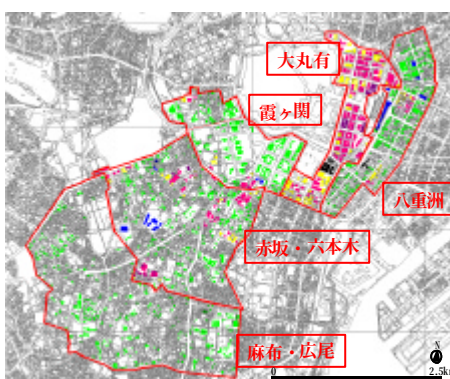


図1 詳細検討エリアの選定

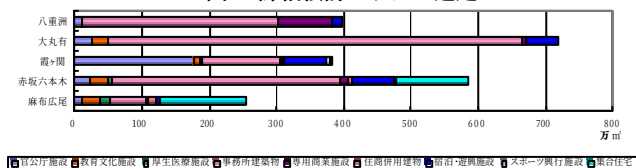


図2 選定した各エリアのエネルギー供給対象建物延床面積

## 3. 大規模CGSプラントによる熱・電力供給の検討

### 3.1 大規模CGSプラント設定条件

導入するCGSの容量設定と運転条件は下記のようにした。

(1)供給範囲の熱需要ピーク×安全率(1.1)を賄うことの出来るCGSを導入。(2)送電ロス5%、蒸気熱ロス10%を見込む。(3)CGSは容量を6台に分割し熱主電従運転。(4)供給対象建物の熱需要および電力需要をパターン化し、各月24時間のシミュレーションを行う。(5)範囲内で使い切れない余剰電力は売電し、不足電力は系統電力から購入。

### 3.2 面的供給範囲の相違によるCGS導入効果の比較

以下、霞ヶ関エリアを中心として、大規模CGSによる面的熱電供給を行うにあたり、どの範囲に供給するのが最も効果的かを検証する。まず、特徴的なケースとして下記2ケースを検討した。

CASE1 熱負荷密度が非常に高い八重洲+大丸有+霞ヶ関。

CASE2 夜間需要と熱電比の高い麻布広尾+赤坂六本木+霞ヶ関。同様の検証を霞ヶ関を中心とし全ての組合せにて行った。

両ケースのCGS容量の算出過程および累積熱負荷曲線を図3に示す。熱需要のピークを把握して導入するCGSの容量を決定し、累積熱負荷曲線の比較による負荷平準化効果を把握する。

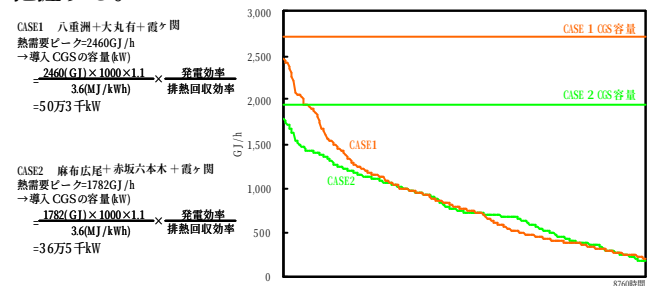


図3 各CASEのCGS容量の算出過程と累積熱負荷曲線

熱需要ピークには678GJ/hの差があり、導入するCGSの能力も13万8千kWの差がある。それにもかかわらず累積熱負荷曲線を比較すると、熱負荷の低い方から約6000時間程度はほぼ同じ負荷であり、CASE2の方が熱負荷平準化効果は高い。

エネルギー供給範囲の組合せにおける環境性の比較を行うため、それぞれの組合せにおける現状に対する、CO2排出量削減率の結果を図4に示す。

CO2排出量削減率はCASE2が最高値となった。これは全負荷相当運転時間が長いことから、CGSが高負荷で長時間運転していること、さらに熱電比が高く熱主電従運転するCGS

| 品名            | 六本坂 | 霞ヶ関 | 大丸 | 八重洲 | CO2排出削減率 |
|---------------|-----|-----|----|-----|----------|
| 広麻尾布          |     |     |    |     | 22.5%    |
| 供給範囲 (CASE 2) |     |     |    |     | 22.5%    |
| 供給範囲 (CASE 3) |     |     |    |     | 21.5%    |
| 供給範囲          |     |     |    |     | 20.5%    |
| 供給範囲          |     |     |    |     | 20.5%    |
| 供給範囲          |     |     |    |     | 20.5%    |
| 供給範囲          |     |     |    |     | 20.5%    |
| 供給範囲          |     |     |    |     | 20.5%    |
| 供給範囲 (CASE 1) |     |     |    |     | 20.5%    |

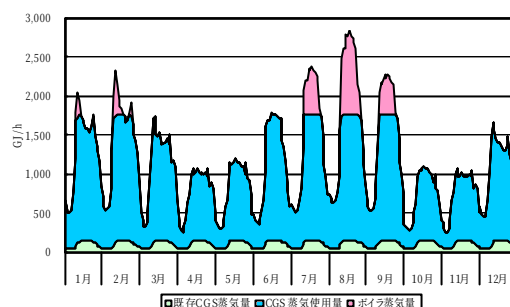
#### 4. 大規模CGSと既存DHCを有効活用した熱源ネットワークの構築と評価

本章ではCASE 2 +  $\alpha$ として、最も導入効果の高い麻布広尾、赤坂六本木、霞が関エリアへの大規模CGSプラントによる供給に加え、中間期の大丸有地域への余剰能力の供給を検討する。現状では赤坂六本木地域で幾つかの地域冷暖房がCGSからの排熱供給を受けており、その発電能力の合計は30,520kWである。また熱供給事業便覧により、大丸有地域の既存地域冷暖房プラント合計能力の把握を行った結果、1458GJ/hのボイラ能力を持つことがわかった。大丸有地域の全供給対象建物の熱需要ピークは計算の結果1095GJ/hであり、大丸有地域既存のボイラ能力で十分賄えると言える。

#### 4.2大規模CGSプラントと既存DHCを活用した熱源ネットワークの運転

(1)既存地域冷暖房内のCGSは設置建物の電力需要に応じ電主熱從運転し余剰蒸気は熱源ネットワークへ供給。(2)大規模CGSは大丸有を含む4エリアの熱需要に合わせ熱主電從運転。(3)夏期・冬期のピーク時は大丸有の既存地域冷暖房

#### 4.3大規模CGSプラントと既存DHCを活用した熱源ネットワークの評価



前項のような運転を行った場合の年間値を、下記の各CASE設定のもとに評価する。結果は図7に示す。

- 
- | Case             | Number of Cases | Change from CASE0 |
|------------------|-----------------|-------------------|
| CASE0            | ~280            | 0                 |
| CASE2 + $\alpha$ | ~220            | -58 (Red arrow)   |
| CASE3            | ~215            | -65 (Blue arrow)  |

CASE2+ $\alpha$ では30万kWのCGS、CASE3では53万kWのCGSを導入しているが、CO<sub>2</sub>排出量削減効果にはほとんど違いがない。この結果から大規模CGSプラントを高効率運転させるため、既存DHCとの熱源ネットワークを構築することは非常に有効であると考えられる。

・霞ヶ関エリアを中心とした大規模CGSによる面的エネルギー供給は、麻布広尾＋赤坂六本木＋霞ヶ関エリアへの供給が最も効果的であり、集合住宅を多く需要家として選択した負荷平準化効果からCGSの高効率運転時間が長くなったためだと考えられる。

・30万kWCGS+既存DHCとのネットワークにより58万t/年のCO2排出量の削減が可能である。この結果から大規模CGSプラントを高負荷運転させるため、既存DHCとの熱源ネットワークを構築することは非常に有効であると考えられる。

- 1)『建築の光熱水原単位』尾島俊雄研究室編
- 2)『平成16年度版熱供給事業便覧』日本熱供給事業協会
- 3)『天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル2005』  
(社)日本エネルギー学会

\*6 早稲田大学理工学部建築学科教授・工博

\*6 Prof. Waseda Univ. Dr.Eng.



# 東京都心部におけるエネルギーの面的利用に関する調査研究（その5） 東京都心部蒸気熱源ネットワークの試案

熱源ネットワーク 熱需要 熱源分布 ネットワーク幹線

## 1. はじめに

エネルギー需要が集中する都市部における省エネルギー・CO<sub>2</sub>削減は重要な課題である。都市における省エネルギー・省CO<sub>2</sub>対策として、都市熱源のネットワークが求められる。すでに欧米では地域熱供給の歴史が長いこともあって、熱源ネットワークが都市の基盤施設として定着している都市が多く見られる。日本でも熱源ネットワークの整備のあり方がこれからの熱供給事業の普及に大きく影響するものと考えられる。

今までの検討（その1、その2、その3、その4）を踏まえて、ここでは、東京都心部蒸気熱源ネットワークの幹線図を提案した。

## 2. 熱源ネットワークの概要

都市熱源ネットワークとは、熱導管及び熱交換器、蓄熱槽、制御システムなどの附帯設備から構成され、排熱源、未利用エネルギー源と都市内の複数の熱供給区域を結ぶ熱供給幹線ネットワークである。熱源ネットワークには、①排熱源、未利用エネルギー源の活用が可能になる、②熱源の選択可能性が広がって状況に合わせたフレキシブルなエネルギー源の利用が出来る、③熱源の余剰能力を有効に活用できる、④熱源の相互バックアップによる供給の信頼性が高まるなどの利点がある。このような背景に基づいて、熱供給事業のネットワーク化は省エネルギー、環境保全、供給信頼性などにおいて、大きな効果が期待される。

熱源ネットワークシステムの概念を図1に示す。供給サイド（未利用エネルギー源や地域冷暖房、CGS保有ビルなど）は、供給すべき（供給可能な）熱をネットワーク導管に流す。



図1 熱源ネットワークシステムの概念図

需要サイド（地域冷暖房、大型オフィスビルなど）では、ネットワーク導管から需要に見合った分だけ熱を受け取り、需要家に供給する。高温熱を媒体とした熱源ネットワークの場合は、冷熱需要が発生する時期において、地域冷暖房施設が保有する吸収式冷凍機で冷熱に変換し需要家へ供給する。

## 3. 熱源ネットワークの構築を選定する際の条件

熱源ネットワーク導入の検討を行う際の主な条件として以下のものが考えられる。

正会員 ○中嶋 浩三 \*1 正会員 原 英嗣 \*4  
同 堀 英祐 \*2 同 市川 徹 \*5  
同 曹 鳴鳳 \*3 名誉会員 尾島 俊雄 \*6

- ①熱需要発生地域と比較的隣接している未利用エネルギー源を選定する。
- ②既存地域熱供給施設により多くの需要家へ熱供給している地域を選定する。
- ③距離が極力最小になるようなネットワーク経路を選定する。

## 4. 都心部における熱需要と熱源分布の実態

### （1）都心部土地利用マップ

東京都心部の現状分析として東京都心部土地利用マップ（図2）を作成した。東京都心部土地利用マップの作成に当たっては、東京都GISデータを用いた。

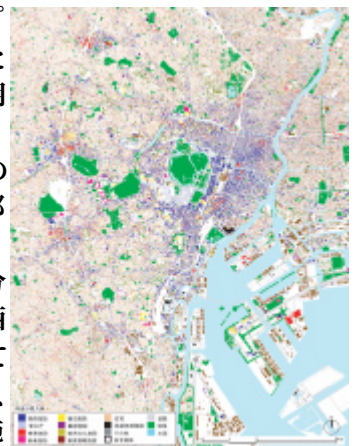


図2 都心部土地利用マップ

全体として住宅が広く分布していることがわかる。西側の地区は山手線に沿って池袋、新宿、渋谷、恵比寿、大崎、五反田エリアで業務施設と商業施設が集まっている一方で、東側の地区は千代田区大丸有エリア・中央区銀座日本橋エリアを中心として業務施設の割合が高くなっていることがわかる。

### （2）都心部熱需要マップ

地域冷暖房の計画において、熱負荷はプラントシステム、熱源機器容量および地域導管口径の検討、決定からひいては事業計画を行い、熱料金を決定する為には極めて重要な要素である。そこで、東京都心部における熱需要量を把握するために、東京都心部熱需要マップ（図3）を作成した。

東京都心部熱需要マップの作成に当たっては、東京都GISデータと早稲田大学尾島研究室のエネルギー消費量原単位データを用いた。

図3が示しているように、都心部熱需要の高い地区は池袋→新宿→渋谷→五反田→品川ラインと赤坂・六本木、霞ヶ関及び大丸有エリアとなる。

また、5.0TJ/ha・年以上の熱負荷のある地域を地域冷暖房の計画検討地区として抽出した。その結果を示したものが図4のマップである。面的に熱負荷の値が高くなっている地域として、池袋駅周辺・新宿駅周辺・渋谷駅周辺・五反田駅周辺・赤坂六本木地区・千代田区・中央区・台東区などがあげられる。

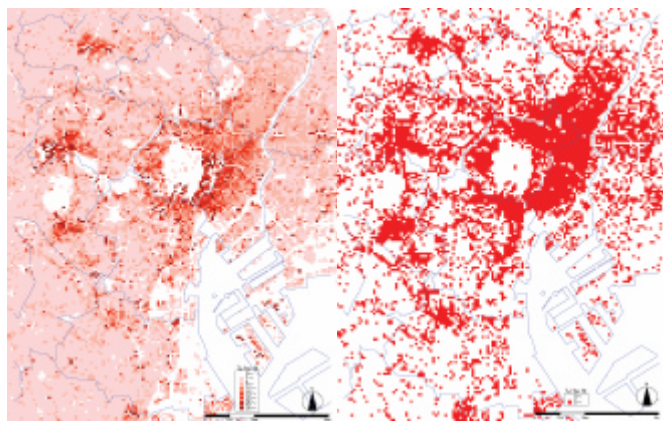


図3 都心部熱負荷密度(100メッシュ) 図4 都心部熱負荷密度

### (3) 都心部既存熱源分布図

熱源ネットワークを構築した際にネットワークに接続する蒸気熱源及び未利用熱源を調査した結果をまとめ、既存熱源分布図(図5)として作成した。

### (4) 都心部熱需要・熱源分布の全体図

上記で調査した都心部の熱需要と蒸気熱源である地域冷暖房・ガスタービン型CGSプラント・清掃工場および未利用熱源である下水処理場の位置を重ねて表示したものを都心部熱需要・熱源分布図(図6)として示す。

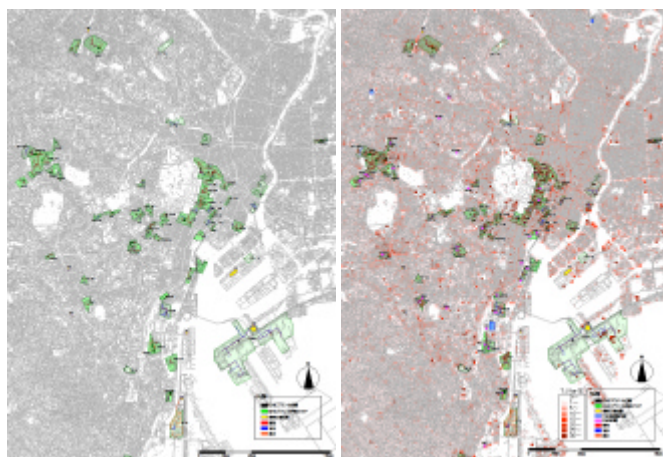


図5 都心部既存熱源分布図 図6 都心部熱需要・熱源分布図

### 5. ネットワーク幹線の作成

日本では、排熱を広域に供給するネットワークは実現されていない。現状では1箇所の排熱源から1箇所の熱需要地区へ供給するシステムで、排熱導管の長さを見ると、最長でも3.8kmとなっている(ルート長)。工場排熱利用地区での排熱導管長さは日立駅前地区の0.3km(ルート長)が唯一の事例で、ごみ焼却排熱利用地区では、札幌市真駒内地区の3.8km(ルート長)が最長で、東京臨海副都心地区は1km(ルート長)である。発電排熱利用地区は和歌山マリーナシティ地区の0.8km(ルート長)が唯一の事例である。低

\*1 早稲田大学理工総研客員講師

\*2 早稲田大学大学院修士課程

\*3 早稲田大学大学院博士後期課程

\*4 国士舘大学工学部建築デザイン工学部講師・工博

\*5 東京ガス株式会社エネルギー企画部・工博

\*6 早稲田大学理工学部建築学科教授・工博

温排熱利用地区では幕張新都心ハイテクビジネス地区の下水処理水管1.5km(ルート長)が最長で、盛岡駅西口地区は1km(ルート長)、その他の地区は0.5km未満のところが多い。

ここでは、その3とその4の検討結果を含めて、東京都心部蒸気熱源ネットワークの幹線図を提案した(図7)。全幹線ルートの長さは約41.5kmである。

| ルート(接点) | 距離 (m) |
|---------|--------|
| A-B     | 4,418  |
| B-C     | 3,889  |
| C-D     | 9,016  |
| D-E     | 1,628  |
| E-F     | 9,449  |
| F-G     | 2,153  |
| G-E     | 1,707  |
| B-F     | 2,423  |
| C-H     | 2,400  |
| H-G     | 1,714  |
| G-D     | 2,687  |
| 合計      | 41,484 |

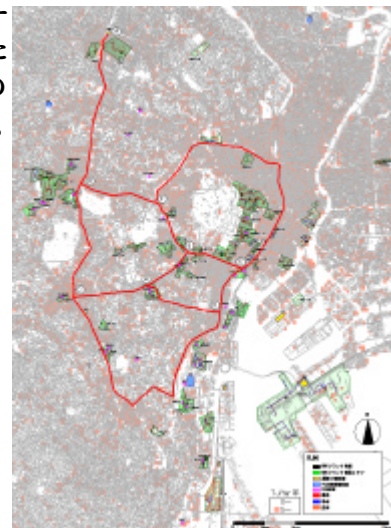


図7 都心部蒸気熱源ネットワーク試案図

### 6. エネルギー面的利用導入に向けての課題と方策

省CO<sub>2</sub>型都市実現のためには、既成市街地で実施される面的整備事業に併せて、都市内に存在する未利用エネルギーや分散型エネルギーシステムを管路網(熱源ネットワーク)により連携し、エネルギーの面的融通等を促進することで、極めて大きな一次エネルギー消費やCO<sub>2</sub>削減効果が得られることが、本調査で明らかにされた。こうした背景を踏まえて、熱源ネットワークは、従来の「地域冷暖房」としての視点から、「都市冷暖房」として新たに見直しをはかり、今日的な視点として検討を進めることが必要といえる。

ここでは、今後、こうした新たな視点から熱源ネットワーク等を実現するため、特に国としての課題と方策について下記に述べる。

- ①熱源ネットワークの形成促進とそのための更なる施策の拡充
- ②未利用エネルギー活用の促進のための方策検討と施策の拡充
- ③BC(事業継続)、安全・安心街区や都市景観街区形成のためのCGS拠点構築のための方策検討
- ④熱源ネットワーク導管の道路空間利用や共同構収容物件の位置づけ
- ⑤コストベネフィット(B/C)を用いた、実現のための導入モデル事業(FS)調査の実施

\*1 Assistant Prof. Waseda Univ.

\*2 Graduate school, Waseda Univ.

\*3 Graduate school, Waseda Univ.

\*4 Assistant Prof. Kokushikan Univ. Dr.Eng.

\*5 TOKYO GAS Co.,Ltd. Dr.Eng.

\*6 Prof. Waseda Univ. Dr.Eng.