

省エネルギー性・環境性からみた既存地域冷暖房の可能な供給範囲に関する研究 その1 余剰能力を活用するための評価方法

地域冷暖房 余剰能力 供給範囲

- 正会員 韋 新東*
- 正会員 尹 軍**
- 正会員 李 海峰***
- 正会員 高橋信之****
- 正会員 高 偉俊*****
- 正会員 尾島俊雄*****

1. はじめに

省エネルギーの対象が産業分野から民生分野へと広がる中、既存の熱供給事業においても効率の高い熱供給システムが求められている。また、地球環境問題への取り組みとしてCO₂などの温暖化ガス排出量の少ない、いわゆる環境に優しい熱供給システムを探索する必要性に迫られている。特に集積した都心部では個別冷暖房だけではなく、なるべく地域熱供給システムからエネルギーを利用することは望ましい。また、既存の地域冷暖房に関しても、余剰供給能力があり、その能力をどこまで利用ができるかも研究課題ではある。そこで本研究では既存地域冷暖房の余剰能力に着目し、個別建物からこの地域冷暖房システムを利用する可能性を省エネルギー性・環境保全性の面から検討し、その評価方法を提案する

2. 既存地域冷暖房の余剰能力の計算方法

既存地域冷暖房の余剰能力は既存地域冷暖房の機械容量、冷却能力、加熱能力と現在供給区域建物より計算できる。また、定着率と販売熱量よりも予測できる。本研究では、定着率と販売熱量に基づいて既存地域冷暖房の余剰能力を推算することを行った。定着率とは将来建物延べ床面積に対する現在建物延べ床面積である。従って、定着率を a、販売熱量を Q₀ (GJ/年) とすれば、既存地域冷暖房の余剰能力 Q (GJ/年) は式 (1) に示す。

$$Q = (1/a - 1) \times Q_0 \dots\dots\dots (1)$$

式 (1) によって、販売熱量は大きければ大きいほど、あるいは定着率は小さければ小さいほど、余剰能力は大きいことがわかった。

3. 最大搬送距離の計算方法

本節では、個別建物が既存地域冷暖房の余剰能力を利用した場合 (図1) のエネルギー消費及びCO₂の排出量を計算し、それらを個別冷暖房とした場合のものと比較することによって、余剰能力を活用した既存地域冷暖房の省エネルギー性・環境保全性の効果を検討する。

個別建物は既存地域冷暖房を利用することによって省エネルギー等がえられるが、配管からの熱損失や搬送のための動力が必要になる。

既存地域冷暖房の余剰能力を利用した場合の最大供給範囲を探るため、以下の仮説をした。即ち、エネルギー消費 (CO₂ 排出量)、配管熱損失及び搬送動力の和は個別冷暖房をした場合のエネルギー消費を超えないとす

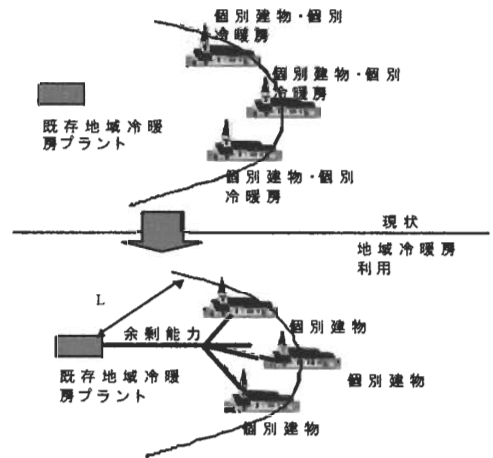


図1 省エネルギー性・環境性の比較対象モデル

る。またその時の供給範囲は最大搬送距離 (L) と定義する。言い換えれば、既存地域冷暖房の余剰能力を生かす省エネルギー面 (環境保全面) の最大搬送距離 L1 (L2) とは、熱源水配管からの熱損失と搬送動力を考慮し、個別冷暖房方式と比べたエネルギー消費 (CO₂ 排出) の差がゼロになる時の搬送距離である。省エネルギー面及び環境保全面の最大搬送距離の計算は図2のとおりに行う。

ここで、コージェネレーションシステム発電能力を c (kw)、燃料使用量を d (GJ/年) とすれば、式(2)のように総合 COP を計算できる

$$\text{総合 COP} = (Q_0 + c \times 365 \times 24 \times 3.6 / 1000) / d \dots\dots\dots (2)$$

熱需要量 1GJ 当たり CO₂ 排出量 e (kg/GJ) が式(3)より計算できる。式の中の CO₂ 排出原単位を表1に示す。

表1 原単位

	電力	ガス	灯油	重油
CO ₂ 排出原単位	0.65 k g / kWh	2.36 k g / Nm ³	63.81 kg / kl	75.42 kg / kl

$$e = \Sigma (d \times \text{CO}_2 \text{ 原単位}) / Q_0 \dots\dots\dots (3)$$

個別建物まで熱供給をする温水流量 G (m³ / s) (ここでは熱媒は温水とする) は往復温度差を Δt とすれば、式 (4) で計算できる。

$$G = Q / (365 \times 24 \times 3.6 \times 4.19 \times \Delta t) \dots\dots\dots (4)$$

輸送配管の内径 r は、流速を W (= 2 m / s) とすれば、以下の式で算定できる。

$$r = (G / (\pi \times W))^{0.5} \dots\dots\dots (5)$$

1 m 長さ当たり配管熱損失量 (ロース) S (kJ / m · h) は以下の式より計算できる。

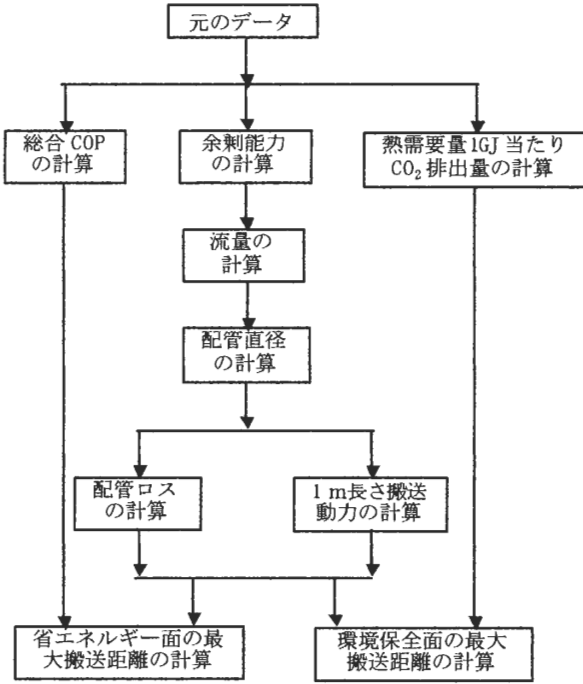


図 2 最大搬送距離の計算フロー

$$S = (\pi \times (T1 - T2) / R) \dots \dots \dots (6)$$

R は熱伝導抵抗 (h °C / KJ)、以下の式より計算する。

$$R = \ln(r_2 / r_1) / (2 \times \lambda g) + 1 / (2 \times \alpha g \times r_2) \dots \dots \dots (7)$$

ただし、 r_1 : 管内側半径 (m)、 r_2 : 管外側半径 (m)、 λg : 熱伝導率 (ガラスウール=0.12064KJ/m・h・°C)、 αg : 表面熱伝導率 (ガラスウール=27.67KJ/m・h・°C)、 $T1$: 管内熱媒温度 (°C)、 $T2$: トンネル構内温度 (°C)。

1 m 長さ搬送動力 E (GJ/m・h) は式 (8) より計算する。

$$E = \gamma \times G \times H \times (1 + \alpha) / (102 \times \eta h) \times 3.6 / 1000 \dots \dots \dots (8)$$

γ : 水の比重量 (=1000kg/m³)

H は 1m 長さ当たり揚程 (m) で、式 (9) より計算する。

$$H = \Delta P \times 1 / 1000 \dots \dots \dots (9)$$

ΔP は摩擦損失 (mmAq/m) で、式 (10) より計算する。

$$\Delta P = f / 2r \times W^2 / 2g \times \gamma \dots \dots \dots (10)$$

f は配管の摩擦係数で、式 (11) より計算する。

$$f = 0.055 \times (1 + (20000 \times \epsilon / 2r + 10^6 / Re)^{1/3}) \dots \dots \dots (11)$$

Re はレイノルズ数で、式 (12) より計算する。

$$Re = W \times 2r / \nu \dots \dots \dots (12)$$

ただし、 γ : 水の比重量 (=1000kg/m³)、 ν : 動粘性係数 (=0.368 × 10⁻⁶)、 ϵ : 等価粗さ (=0.0003)、 g : 重力加速度 (=9.8m/s²)、 α : 余裕率 (=0.1)、 ηh : ポンプ効率 (=75%)。

省エネルギー面の最大搬送距離 L1 と環境保全面の最大搬送距離 L2 の計算は仮説によって以下の計算式から求められる。

$$Y_{個別} - (Y_{地希} + S' \times L1 + E' \times L1) = 0 \dots \dots \dots (13)$$

$$Y_{個別}' - (Y_{地希}' + S'' \times L2 + E'' \times L2) = 0 \dots \dots \dots (14)$$

ただし、 $Y_{個別}$: 個別冷暖房の熱需要量 Q 当たり一次エネルギー消費量、 $Y_{地希}$: 地域冷暖房の熱需要量 Q 当たり一次エネルギー消費量、 S' : 1 m 長さ当たり年間配管熱損失量 (ロス)、 E' : 1 m 長さ当たり年間搬送動力、 $Y_{個別}'$: 個別冷暖房の熱需要量 Q 当たり CO₂ 排出量、 $Y_{地希}'$: 地域冷暖房の熱需要量 Q 当たり CO₂ 排出量、 S'' : 1 m 長さ当たり年間配管熱損失量 (ロス) の CO₂ 排出量、 E'' : 1 m 長さ当たり年間搬送動力の CO₂ 排出量。

4. 余剰能力活用効果の計算方法

以上の式から、既存地域冷暖房の余剰能力を利用した省エネルギー面及び環境保全面からの最大搬送距離が求められ、図 3 のようになる。その図から、既存地域冷暖房の余剰能力を利用できる可能な範囲を示している。その面積は大きければ大きいほど、供給可能範囲は大きいと考えられる。また、提案した評価手法から、最大搬送距離の内側にいる建物が既存地域冷暖房を利用した場合、個別冷暖房と比べて、省エネルギーの量や CO₂ の低減等の評価もできる。例えば、その搬送距離を L0 に位置する個別建物が既存地域冷暖房の余剰能力を利用した場合、省エネルギー効果は式 (15) で計算できる。

$$\text{省エネルギー効果 (\%)} = (1 - (Y_{地希} + S' \times L0 + E' \times L0) / Y_{個別}) \times 100 \dots \dots \dots (15)$$

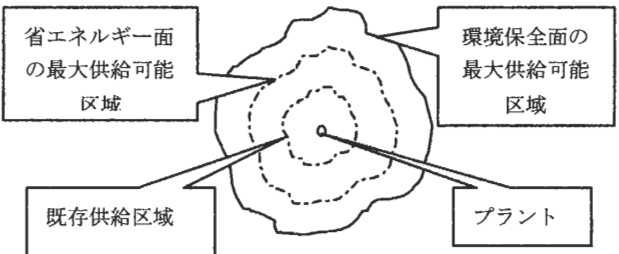


図 3 供給可能区域のモデル

また、環境保全効果は式 (16) で計算できる。

$$\text{環境保全効果 (\%)} = (1 - (Y_{地希}' + S'' \times L0 + E'' \times L0) / Y_{個別}') \times 100 \dots \dots \dots (16)$$

5. おわりに

本報では個別建物が既存地域冷暖房の余剰能力を利用した場合、個別冷暖房との消費エネルギー (CO₂ 排出量) の差を計算することで、最大供給範囲を探っている。勿論、エネルギーや環境だけではなく、色々な要素が地域冷暖房の供給範囲に影響をしている。特に経済的な配慮が必要になる。従って、地域エネルギー供給のネットワーク化を求める中に、それらの課題は今後さらに研究していきたいと考えている。
謝辞 : 本研究の一部は平成 12 年度 NEDO 産業技術研究事業費助成金を受けて実施したものである。

* 早稲田大学大学院理工学研究科建設工学専攻博士後期課程・工修
** 早稲田大学理工学総合研究センター客員研究員・博士
*** 早稲田大学理工学部助手・工修
**** 早稲田大学理工学総合研究センター助教授・博士
***** 北九州市立大学助教授、早稲田大学客員助教授・博士
***** 早稲田大学教授・博士

Doctor Course, Graduate School WASEDA Univ., M.Eng.
Advanced Research Center for Science and Engineering, WASEDA Univ. Dr.
Research Assoc., Dept. of Architecture, WASEDA Univ., M.Eng.
Assoc. Prof., Advanced Research Center For Sci. and Eng., WASEDA Univ., Dr.
Assoc. Prof., The University of Kitakyushu, Dr.
Prof., WASEDA Univ., Dr.