

Title	東京都23区内清掃工場排熱の利用可能性に関する研究
Sub Title	
Author	中沢, 潔(Nakazawa, Kiyoshi) 石谷, 久(Ishitani, Hisashi) 松橋, 隆治(Matsubashi, Ryuji) 吉田, 好邦(Yoshida, Yoshikuni) 正田, 浩一(Hikita, Koichi)
Publisher	慶應義塾大学産業研究所
Publication year	2000
Jtitle	KEO discussion paper. G : 『アジア地域における経済および環境の相互依存と環境保全に関する学際的研究』(KEO discussion paper. G : "Inter-disciplinary studies for sustainable development in Asian countries"). No.G-95
JaLC DOI	
Abstract	概要本研究では、東京都23区内の暖房・給湯需要を、メッシュデータを用いて推定し、東京都23区内の19ヶ所の清掃工場からの排熱を、温水パイプラインを用いて民生部門（家庭部門、業務部門）の暖房・給湯需要に利用する2つのケースを想定した。CASE1：ゴミ焼却非熱をすべて熱輸送に当てる場合CASE2：ゴミ焼却排熱から発電に使われている分を差し引いた場合そして、それぞれのケースについて、エネルギー消費量削減とCO2排出削減にどれほど寄与できる可能性があるか、という評価をおこなった。その結果、CASE1では1,185.41GcaUh、CASE2では784.40GcaUhの熱量が利用可能であり、これは東京都23区内の暖房・給湯需要（家庭部門、業務部門）3,245.45GcaUhのそれぞれ36.53%、24.17%にあたる計算になった。また、CO2削減効果について、CASE1では3,198.3千トン/年、CASE2では2,116.4千トン/年のCO2削減可能量となり、これは1990年度の東京都の消費によるCO2排出量119,533千トン（発電によるCO2発生量を含む）の2.68%、1.77%にあたる。
Notes	表紙上部に"日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業複合領域「アジア地域の環境保全」"の表示あり
Genre	Technical Report
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AA12113622-00000095-0001

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

東京都23区内清掃工場排熱の 利用可能性に関する研究

中 沢 潔
石 谷 久
松 橋 隆 治
吉 田 好 邦
疋 田 浩 一

No.G-95

学振未来 WG2-33

東京都 23 区内清掃工場排熱の利用可能性に関する研究

中沢 潔、石谷 久、松橋 隆治、吉田 好邦、疋田 浩一

2000年4月

キーワード

清掃工場、東京都、排熱利用、エネルギー消費量削減、CO₂排出削減

概要

本研究では、東京都 23 区内の暖房・給湯需要を、メッシュデータを用いて推定し、東京都 23 区内の 19 ケ所の清掃工場からの排熱を、温水パイプラインを用いて民生部門（家庭部門、業務部門）の暖房・給湯需要に利用する 2 つのケースを想定した。

CASE1：ゴミ焼却排熱をすべて熱輸送に当てる場合

CASE2：ゴミ焼却排熱から発電に使われている分を差し引いた場合

そして、それぞれのケースについて、エネルギー消費量削減と CO₂ 排出削減にどれほど寄与できる可能性があるか、という評価をおこなった。

その結果、CASE1 では 1,185.41Gcal/h、CASE2 では 784.40Gcal/h の熱量が利用可能であり、これは東京都 23 区内の暖房・給湯需要（家庭部門、業務部門）3,245.45Gcal/h のそれぞれ 36.53%、24.17%にあたる計算になった。また、CO₂削減効果について、CASE1 では 3,198.3 千トン／年、CASE2 では 2,116.4 千トン／年の CO₂削減可能量となり、これは 1990 年度の東京都の消費による CO₂排出量 119,533 千トン（発電による CO₂発生量を含む）の 2.68%、1.77%にあたる。

東京都 23 区内清掃工場排熱の利用可能性に関する研究

中沢 潔^{*}、石谷 久^{*}、松橋 隆治^{*}、吉田 好邦^{*}、疋田 浩一[†]

2000年4月

第1章 序論

清掃工場でゴミを焼却する際に生ずる排熱は、火力発電所などからの排熱と比較して、温度条件の点から考慮すると質が良く、民生部門での利用価値が非常に高い。こうした排熱をパイプラインなどの輸送手段を用いて積極的に利用することは、化石燃料消費を軽減する省エネルギー施策として有効であり、同時に熱エネルギーのカスケード利用（多段階利用）の点からも重要である。

本研究では、東京都 23 区内の暖房・給湯需要を、メッシュデータを用いて推定し、東京都 23 区内の 19 ヶ所の清掃工場からの排熱を、温水パイプラインを用いて民生部門（家庭部門、業務部門）の暖房・給湯需要に利用する 2 つのケースを想定した。

CASE1：ゴミ焼却排熱をすべて熱輸送に当てる場合

CASE2：ゴミ焼却排熱から発電に使われている分を差し引いた場合

そして、それぞれのケースについて、エネルギー消費量削減と CO₂ 排出削減にどれほど寄与できる可能性があるか、という評価をおこなった。

東京都 23 区内の清掃工場一覧を以下に示す。

^{*} 東京大学大学院工学系研究科

[†] 慶応義塾大学産業研究所

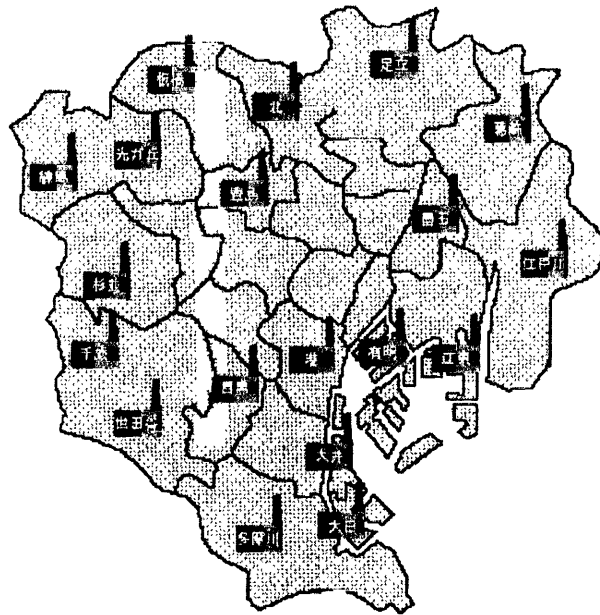


図1：東京都23区内の清掃工場

第2章 熱需要の推定

2-1 メッシュデータについて

本研究では資源環境技術研究所のメッシュデータの一部を用いて東京都23区内の民生部門（家庭部門、業務部門）の熱需要（暖房・給湯）を求めた。

本研究では、メッシュデータをもとに、およそ縦3.4km×横2.8kmのメッシュで区切っている。

2-2 熱需要の計算方法

本研究では、化石燃料に由来するエネルギー消費量を排熱輸送によりまかなうことを想定し、暖房・給湯のみのエネルギー消費量の比率を推定し、熱需要を計算した。文献1より、家庭部門の全エネルギー消費量のうち、化石燃料（ガス、石油、石炭）に由来する暖房・給湯の消費量の割合は0.5156となる。同じく文献1より、業務部門の全エネルギー消費量のうち、化石燃料に由来する暖房・給湯の消費量の割合は0.4629となる。上の結果を利用して、本研究における熱需要を以下のように定義した。

（暖房・給湯熱需要）＝（家庭部門の熱需要）＋（業務部門の熱需要）

（家庭部門の暖房・給湯熱需要）＝（家庭部門全体の熱需要）×0.5156

（業務部門の暖房・給湯熱需要）＝（業務部門全体の熱需要）×0.4629

熱需要と清掃工場の排熱との関係を以下に示す。

東京都23区内の熱需要と清掃工場のゴミ焼却排熱(Gcal/h)							足立							
(各ブロックは縦2.8km * 横3.4km)							98.96							
							8.58		7.88		18.30		19.56	
			板橋 82.73 9.02				16.02							
	7.31	19.46		13.57	21.33	10.12	19.17	9.59	5.11	30.89	21.20	17.23		
						北 68.88 16.04				葛飾 118.75 11.62				
12.72 練馬 29.69 15.89	6.08	10.64 光が丘 32.06 18.74	20.11	24.88	30.53		21.48	23.88	17.26		6.24	5.91		
	17.00		22.01	28.63	76.34 豊島 50.66 51.92	36.97	33.85	21.42	24.67 墨田 73.63 21.64	14.97	18.35	10.88		
	29.06	24.47 杉並 49.88 21.86	28.48	34.12		58.94	81.17	28.59		14.82	35.31	22.96 江戸川 68.88 27.07	14.62	
	23.46		26.20	85.85	117.98	220.65	167.79	53.51	15.49	16.17	12.49		15.91	
	15.23	19.48 千歳 68.88 19.00	24.59	42.97	94.16	263.38 港 114.00 71.25	63.86	24.43 有明 53.84 2.66	21.94	19.20 江東 114.00 8.55	1.58	1.05		
	13.85		26.53 世田谷 43.64 22.60	40.71	54.88 目黒 66.50 56.93		7.28		21.54		0.05	2.44		
		3.55		32.80		23.14	0.24 大井 76.95 0.09	0.05		0.00				
			2.14	22.03 多摩川 39.11 8.39	40.19	10.01 大田 77.19 11.12	0.04							
						45.47	10.31							
							2.52	0.14						

図2-2：熱需要と清掃工場の排熱との関係

第3章 清掃工場排熱の推定

3-1 熱輸送の前提条件

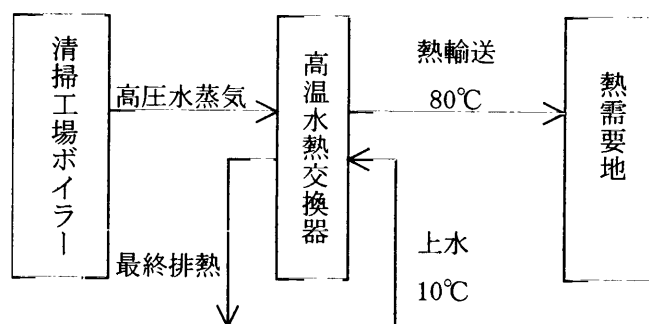


図3-1：温水パイプラインの概略図

熱輸送媒体：温水(80℃)

配管材：压力配管用炭素鋼鋼管

熱交換器效率：0.95

3-2 清掃工場からの排熱

処理能力と最高設計発熱量から 1 時間あたりの各清掃工場のゴミ焼却排熱を求め、それをもとに 2 つのケースについてそれぞれ有効排熱を求めた。ここでいう有効排熱とは、熱輸送の始点における熱エネルギーを意味する。本研究では高圧水蒸気が高温水熱交換器を通して高温水に熱変換される際の熱変換効率を 0.95 としている。

2 つのケースとは、

CASE1：ゴミ焼却排熱をすべて熱輸送に当てる場合

CASE2：ゴミ焼却排熱から発電に使われている分を
差し引いた場合 である。

CASE1：(有効排熱) = (ゴミ焼却排熱) $\times$ 0.95

CASE2：(有効排熱) = {(ゴミ焼却排熱) - (発
電出力) $\div$ 0.3 $\div$ 10^6 } $\times$ 0.95
(発電効率：0.3 とした。)

第 4 章 排熱輸送における設定条件

4-1 配管経路

清掃工場はブロックの中央に位置するものと仮定した。基幹を一本敷き、40m ごとに枝管が敷かれるという設定にした。

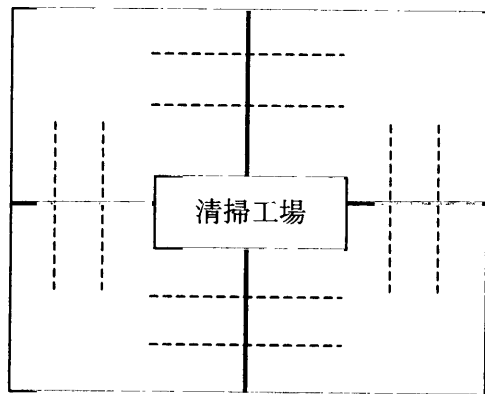


図 4-1-1：清掃工場からの熱輸送のイメージ図

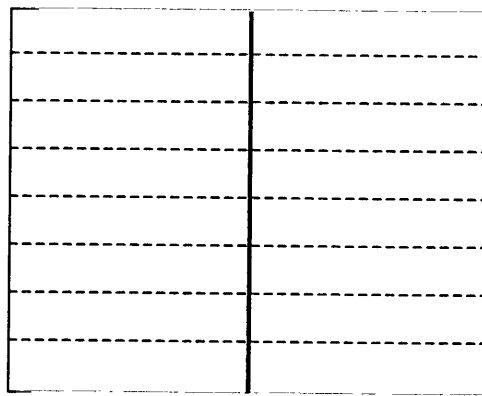


図 4-1-2：埋設配管のイメージ図

4-2 輸送距離の決定

輸送距離は需要と供給の関係に応じて決め、熱が供給されるブロックの、清掃工場からの基幹の最大の長さとした。

4-3 配管径と流速

配管には圧力配管用炭素鋼鋼管を想定しており、配管径は市販されているサイズのものをを用いることとし、一般に推奨されている流速 1.0～2.1m/s という制約を設けた。すなわち、流速が 1.0～2.1m/s になるような配管径の中でエネルギー損失が最も小さいものを配管径として選んだ。

4-4 地中埋設管の熱損失

地中埋設管のイメージ図を示す。

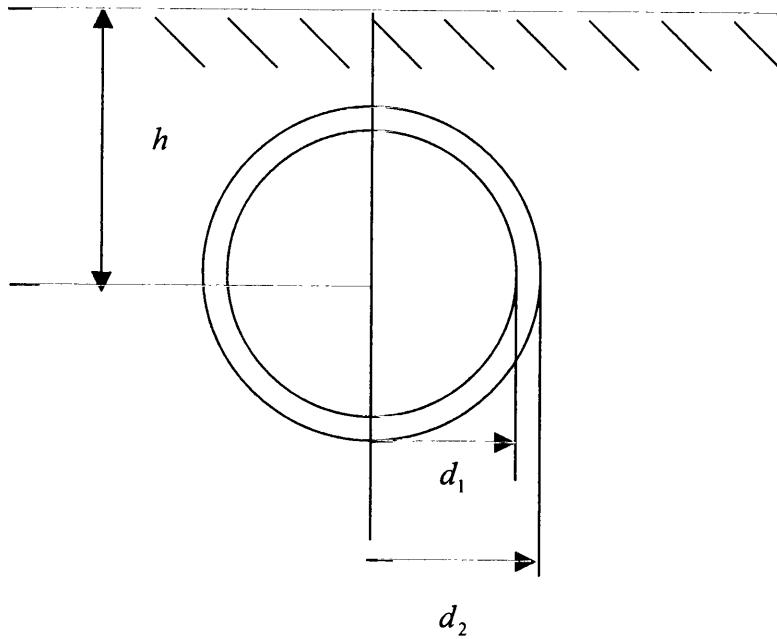


図4-2 地中埋設管のイメージ図

中心が地表面から h (m) の距離にある円管からの熱損失を以下の配管内外の温度差関数で求めた。

$$T = T_0 \exp\left(-\frac{L}{1,000WR}\right), \quad T_0 : \text{配管始点における管内流体と地表面との温度差}$$

T : 管内流体と地表面との温度差 (°C)

L : 管長 (m)

R : 管と地表面との間の熱抵抗 (m・h・°C/kcal)

熱抵抗 R は次式で求められる。

$$R = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{\xi_1 - \xi_2}{\lambda_1} + \frac{\xi_2}{\lambda_2} \right)$$

$$\text{ただし、} \xi_i = \log_e \left\{ \frac{2h}{d_i} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{d_i}{2h} \right)^2} \right] \right\}$$

($i=1, 2$)

d_1 : 管内径 (m)、 d_2 : 管外径 (m)

λ_1 : 管の熱伝導率 (kcal/m・h・°C)

λ_2 : 土壌の熱伝導率 (kcal/m・h・°C)

4-5 円管内の圧力損失

圧力損失には、摩擦損失、局部抵抗損失がある。

4-5-1 円管の摩擦損失

ダーシー・ワイズバッハ (Darcy-Weisbach) の式を用いた。

$$\frac{\Delta P_f}{\gamma} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

ΔP_f : 圧力損失 (kgf/m²)、 γ : 比重量 (kg/m³)、

d : 管径 (m)、 l : 管長さ (m)、

v : 管内流速 (m²)、 g : 標準重力加速度

9.80665 (m/s²)、 λ : 管摩擦係数

管摩擦係数は次のムーディーの近似式を用いた。

乱流の場合のムーディーの近似式

$$\lambda = 0.0055 \left[1 + \left(20,000 \frac{k}{d} + \frac{10^6}{\text{Re}} \right)^{1/3} \right]$$

k : 管内粗さ (mm)、 Re : レイノルズ数、

$\text{Re} = \frac{vd}{\nu}$ 、 ν : 流体の動粘度(m²/s)

4-5-2 局部抵抗損失

流れの方向変換や絞りなどに伴う圧力損失を局部抵抗損失と呼んでいる。

局部抵抗損失 Δp_d (kgf/m²) は次式で与えられる。

$$\Delta p_d = \zeta \frac{\gamma}{2g} \cdot v^2, \quad \zeta : \text{損失係数、}$$

γ : 流体の比重量 (kgf/m³)、 v : 平均流速 (m/s)

第5章 結果

(利用可能排熱) = (有効排熱) - (熱損失+圧力損失)

(排熱利用効率) = (利用可能排熱) / (有効排熱)

と定義した。

これにより CASE1 では、1,185.41Gcal/h、CASE2 では 784.40Gcal/h の利用可能熱量となり、これは東京都 23 区内の暖房・給湯需要 3,245.45Gcal/h のそれぞれ 36.53%、24.17%にあたる計算になる。

第6章 CO₂削減効果

文献 1、2 より、暖房・給湯の CO₂ 排出原単位を算出し、308 (g-CO₂/Mcal) という値を得た。これをもとに CO₂削減効果を計算した。

(削減可能熱量) = (利用可能熱量)

とした。

表 6-1 : CASE1、CASE2 の削減可能熱量

	CASE 1	CASE 2
削減可能熱量(Gcal/h)	1,185.41	784.40

(CO₂排出削減可能量) = (削減可能熱量) × (CO₂排出原単位)

として求めた年間 CO₂排出削減可能量が CASE1 では 3,198.3 千トン、CASE2 では 2,116.4 千トンとなり、これは 1990 年度に東京都の消費による CO₂排出量 119,533 千トン (文献 3 より計算) の 2.68%、1.77%にあたる。ただし、清掃工場の稼働時間は 24 時間/日、365 日/年としている。

第7章 結論と今後の課題

エネルギー消費量削減に対して、清掃工場のゴミ焼却排熱が持つ潜在能力は十分であることがわかった。以下に計算結果を示す。

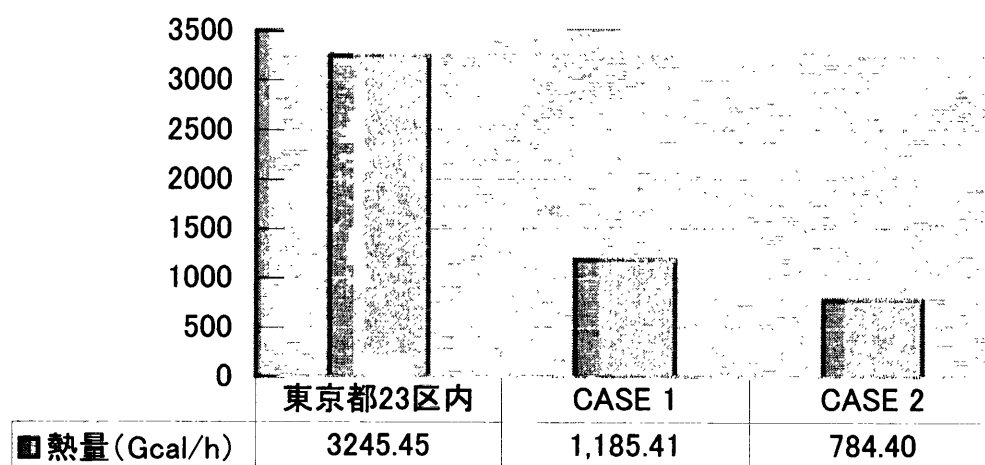


図 7-1：東京都 23 区内の熱需要と削減可能熱量との比較（民生部門の暖房・給湯について）

表 7-1：CO₂排出削減可能量について

	CASE 1	CASE 2
CO2排出削減可能量(千トン／年)	3,198.3	2,116.4
東京都の消費によるCO2排出量(1990年度)に対する割合(%)	2.68	1.77

今後の課題としては、地理的条件（河川、線路など）、熱需要の時間的パターンの考慮や配管の埋設コストを含めたコスト評価の必要がある。

今後経済発展が予想される途上国などの地域では排熱利用などによるエネルギー消費削減システムをあらかじめ考慮した都市計画が望ましいと考えられる。

参考文献

- 1) 省エネルギーセンター編「'97 エネルギー・経済統計要覧」
- 2) 東京大学工学部 正田浩一「既存の水道設備と大規模発電所を利用した簡易温水供給システムの LCA」
- 3) 東京大学工学部 吉田好邦「LCA 的な概念による地域活動に伴う CO₂排出量の構造分析」日本エネルギー学会誌 Vol 77、No11、p.1054-1061
- 4) 東京都清掃局「'98 清掃のあらまし」