

11. 東京都区部における清掃工場廃熱利用地域冷暖房導入による CO₂排出量削減可能性の評価

Reduction of CO₂ emissions by district heating and cooling system using waste heat
from solid waste incineration plants in the Tokyo

荒巻 俊也*・薦田 将治**・花木 啓祐***

Toshiya ARAMAKI, Nobuharu KOMODA, Keisuke Hanaki

ABSTRACT: The potential of reducing CO₂ emissions by district heating and cooling system using waste heat from solid waste incineration plants were investigated in Tokyo 23 wards area. The area within 500, 750, 1000, 1500 m from 14 solid waste incineration plants were selected as the object area, and the CO₂ emissions with the operation of the system and the construction of pipeline were estimated using actual building information. It was indicated that 87 thousands ton of CO₂ emissions could be reduced by installation for 14 areas. However, the appropriate area size for CO₂ reduction is different in each plant, and the distinct relationship with the density of building and CO₂ reduction was not found.

KEYWORDS: district heating and cooling system, solid waste incineration plant, CO₂ emissions, Tokyo

1 はじめに

都市活動に伴う CO₂ 排出のうち、家庭や事務所などで用いられる民生用のエネルギー供給に伴う CO₂ 排出は増加を続けており、温暖化防止という観点から効率的な民生用のエネルギー供給形態について検討していくことが重要である。国際的にみても今後ますます都市への人口集中が起こることが予想されており、都市域における CO₂ 排出削減の重要性は増していくものと思われる。

都市における民生用エネルギー供給における CO₂ 排出削減にあたって、現在有効に利用されていない太陽エネルギーなどの自然エネルギーの利用、さまざまな未利用エネルギー源の利用、は有効であると考えられる。特に、未利用エネルギー源のうち清掃工場からの廃熱は温度も高く量もまとまっており、利用しやすい未利用熱源であるといえる。また、今後多くの地域において廃棄物の最終処分場の用地確保が困難となることが予想され、廃棄物の減容処理としての焼却・熱処理技術の普及が進む可能性があることを考えると、これらの廃熱を有効に利用していくことも重要となってくる。

清掃工場の廃熱は地域冷暖房システムを用いて民生用エネルギーとして利用されることとなるが、地域冷暖房システムによる CO₂ 排出削減効果は、採用する熱源機器だけでなく熱需要の総量やプロファイルにより大きく変わり、導入に伴って CO₂ 排出が増加してしまう場合も考えられる。また、地域配管を新たに敷設する場合は、配管工事および管の製造プロセスなどからも CO₂ が発生することとなり、これらも考慮して評価を行う必要がある。

* 東京大学先端科学技術研究センター Research Center for Advanced Science and Technology, Univ. of Tokyo

** 東京大学工学部都市工学科 Dept. of Urban Engineering, Faculty of Engineering, Univ. of Tokyo

*** 東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 Dept. of Urban Engineering, Graduate School of Engineering, Univ. of Tokyo

本研究では、東京都区部の清掃工場周辺地区を対象として、清掃工場の廃熱を利用した地域冷暖房システムを導入した場合に CO_2 排出がどの程度削減可能かについて実際の地域の情報を用いて評価した。また、導入地区の特性が削減効果に与える影響についての解析を行った。

2 評価手法

2.1 未利用エネルギー賦存量の推定

都区部の 14 の清掃工場を対象として評価を行った。各清掃工場の年間ごみ処理量は定期的にメンテナンス等を行うため年ごとに変動しているが、長期的なスパンで見た場合にはその清掃工場の焼却能力に応じて処理されるものと仮定し、都区部全体の可燃ごみ処理量を各清掃工場の焼却能力で比例配分させたものを各清掃工場の年間ごみ処理量とした。

ゴミの発熱量は $1,900 \text{ (kcal/kg)}$ とし、これと処理量をかけて、発熱量を算出した。そして、発熱量のうち 20% が熱として利用できるものと仮定して、未利用エネルギー賦存量を推定した。未利用エネルギーの供給形態は 80 度高温水一括供給として考えた。なお、ごみ処理量の時間変動はないとして未利用エネルギー賦存量も変動しないものとした。

2.2 導入対象範囲の選定

各清掃工場を中心とした半径 500m、750m、1000m、1500m の円を考え、それぞれの円の内側を地域冷暖房導入範囲とした。導入対象範囲が都区部外に及ぶものは、導入範囲を都区部内に限るものとした。また、導入範囲内に河川を含む場合は、大きな河川を跨ぐような地域冷暖房事業は現実的でないと考え、そのような地域は供給対象外とした。

次に、地域冷暖房導入範囲において延べ床面積 1000 m^2 以上であり、かつ、用途が、事務所、店舗、住宅、病院、ホテル、スポーツ施設のいずれかに分類されるものを地域冷暖房導入対象建築物とした。建物の情報として、東京都都市計画地図情報システム（平成 3 年）のデータを用いた。このデータは建物とその敷地の地図情報からなっており、建物の属性として建物面積、階高と建物用途を保持している。建物面積と階高から延べ床面積を求め、建物の中心が各清掃工場から所定の距離の範囲内にあるかどうかで、導入対象となるかどうかを判定した。なお、元々のデータの用途分類のうち官公庁施設や文教施設は事務所として、住商併用建物は店舗として集計した。

2.3 地域配管に伴う CO_2 排出量の推定

地域配管の総延長は、東京都光が丘清掃工場で行われている地域冷暖房事業の実際の供給面積 (184.7 ha) と配管の総延長 (38.82 km) を用いて、各地域に導入した場合に供給範囲の面積と地域配管の総延長は比例関係にあるものと仮定して算出した。

配管の単位長さあたりの CO_2 排出量については、林ら¹⁾が実際の事例から工法ごとに算出した。直埋設、専用溝、共同溝など敷設方法の採用件数についても調べており、開削工法、推進工法、直埋工法などの原単位から、敷設方法の採用比率を考慮して重み付け平均を取り、 $3,640 \text{ (kgCO}_2/\text{m)}$ を配管敷設に伴う CO_2 排出量として用いることとした。なお、配管の耐用年数は 50 年として、この値を除して年間の CO_2 排出量を算出した。

2.4 地域冷暖房運用時の CO_2 排出量の評価

ここでは、並木らの研究²⁾を参考にし、東京ガス（株）が開発したエネルギー供給システム評価プログラム C-PLAN2000 を用いて、地域冷暖房システム運用時の CO_2 排出量を算出した。

このプログラムでは、各地区の用途毎の延べ床面積といった地域設定、導入する機器の種類、特性、運転方

式，未利用エネルギー量，建物負荷原単位，外気温，ポンプの揚程などから，エネルギー消費量や CO₂ 排出量が月・時間ごとに算出される．このプログラムには，建物用途毎のエネルギー需要原単位、実際の機器のデータ等が既に入力されており，これらを利用して計算を行った．

2.5 未導入時の CO₂ 排出量の評価

導入時の削減量を計算するには、導入しなかった場合の CO₂ 排出量を算出しておく必要がある。各地域の導入対象建物における実際のエネルギー消費量を得ることは困難であるため、各用途 1000m² についての CO₂ 排出量を C-PLAN2000 により求め、それらは延べ床面積に比例するという仮定により CO₂ 排出量を推定した。

3 結果と考察

3.1 各清掃工場周辺地区における CO₂ 排出削減量

56 のシナリオ（14 の清掃工場×4 種類の導入基準）における CO₂ 排出削減量を図 1 に示す。
導入対象面積を拡大した場合の排出削減量の変化の様子は地区毎に大きく異なっている。葛飾や光が丘、千歳などでは導入範囲が広くなるにつれて排出削減量が減少しているのに対して、世田谷や板橋などでは増加する傾向にある。これは、清掃工場と周辺の熱需要が高い地区の位置関係によるものと考えられる。

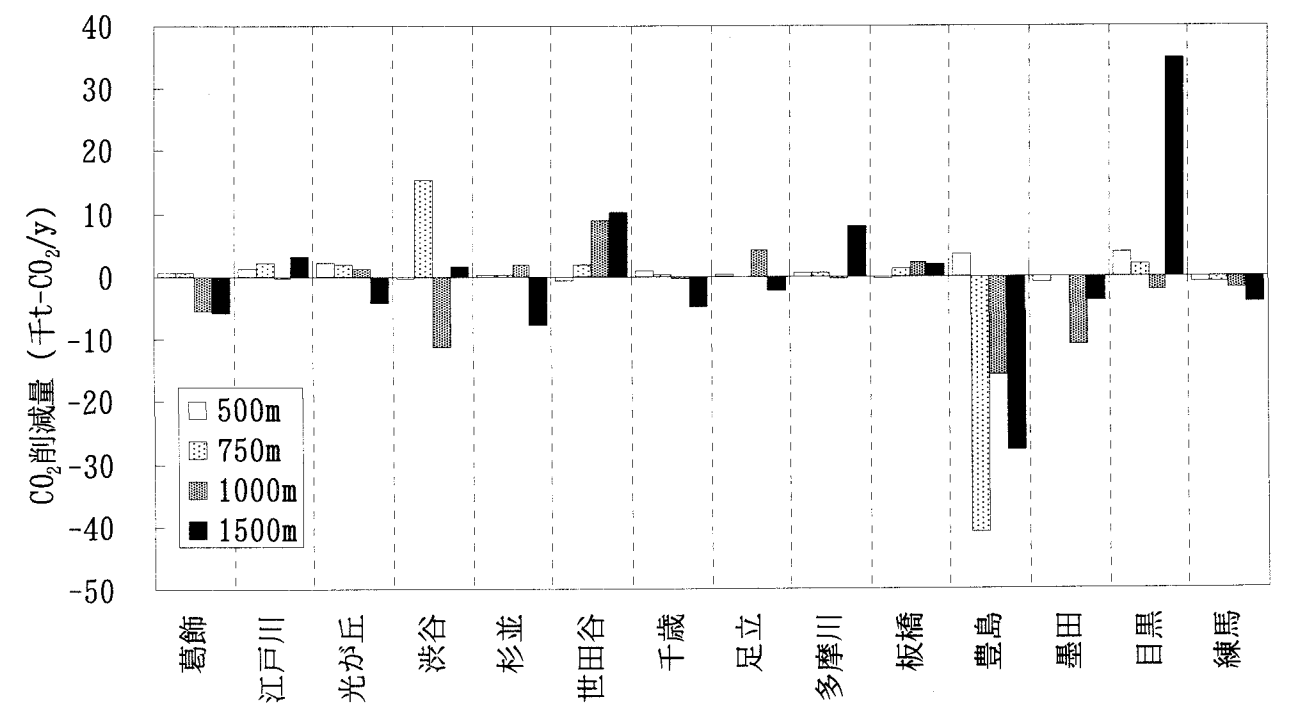


図1 各清掃工場周辺地区におけるCO₂排出削減量

地区毎に排出削減量が最大となる導入対象地域の半径を表 1 に示したが、各地区毎に最大となる半径はばらばらである。これらの削減量が最大となるケースで CO₂ の削減量の和をとると、年間削減量は 87 千 t-CO₂ となった。東京都からの CO₂ 排出量を 56 百万 t-CO₂ (1990 年)³⁾ とするとその約 0.15% に相当する量である。

図 1 において、排出削減量が最大なのは目黒で対象半径を 1500m としたときであるが、これは恵比寿などの熱需要が高いと考えられる地域が対象に入ったためと考えられる。一方、渋谷や豊島なども近隣に熱需要が高い地域を有しているが、渋谷の場合は 1000m では CO₂ 排出削減がマイナス、つまり CO₂ が増加することとなり、豊島でも 750m より広くした場合 CO₂ 排出が増加することとなっている。この原因としては、こ

これらの清掃工場の規模が周辺地区の熱需要を満たすのに十分ではなく、未利用エネルギー量が不足しているため地域冷暖房システムの効率が悪くなっているものと考えられる。

表 1 各清掃工場周辺地区において CO₂ 排出削減量が最大となる半径

半径	500m	750m	1000m	1500m
清掃工場名	光が丘 千歳 豊島	葛飾 渋谷	杉並 足立 板橋	江戸川 世田谷 多摩川 目黒

図2に地域配管に伴う CO₂ 排出が地域冷暖房における熱源機器の運転に伴う CO₂ 排出も含めた層は移出量に対して占める割合を示した。渋谷や豊島などの熱需要が高い地域では低く、江戸川や練馬など熱需要が低い地域では高くなっている。図中の★印は CO₂ 排出削減量が最大となる半径を示している。一般に、地域配管の占める割合が低い方が熱需要が高く、CO₂ 排出削減に有利に働くと考えられるが、CO₂ 削減量が最大となっている半径は必ずしも地域配管の割合が小さい半径とはなっていないかった。

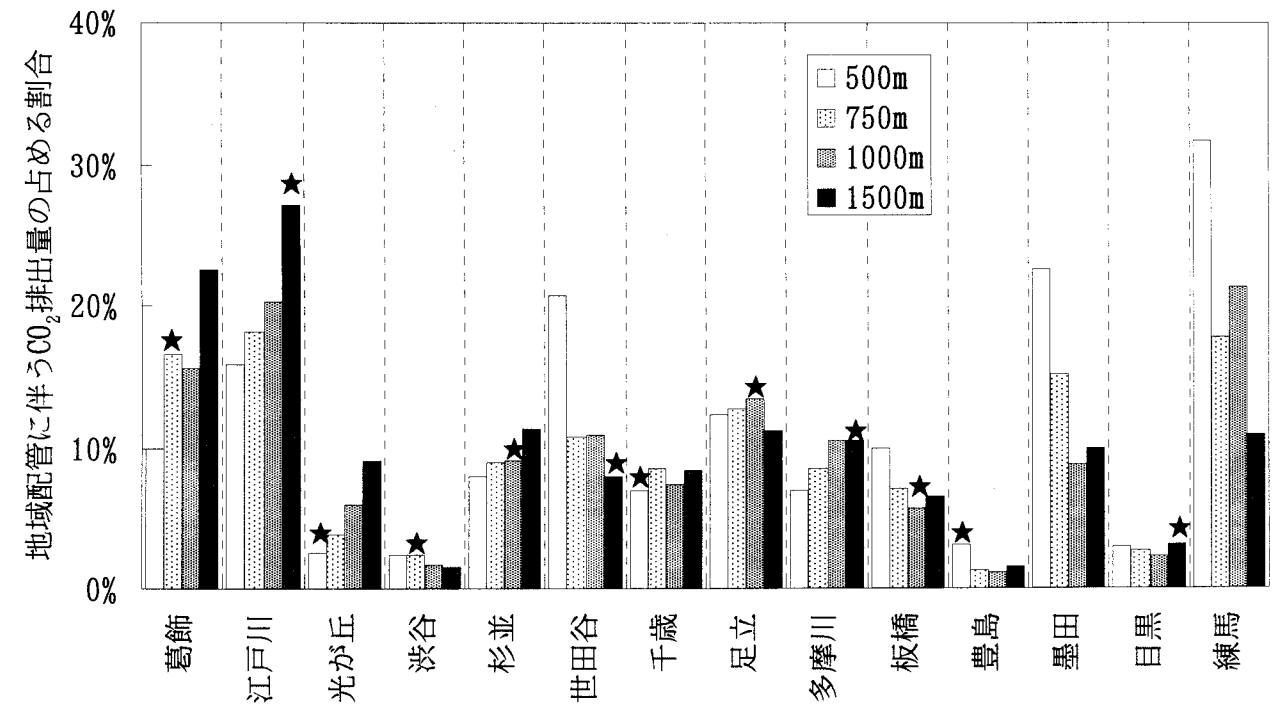


図2 各清掃工場周辺地区における地域配管に伴うCO₂排出量が総排出量に占める割合 (★は削減量が最大となる半径)

3.2 CO₂ 排出削減率と周辺地区の特性

各地区各半径における CO₂ 排出削減率を図 3 に示す。また、削減量が最大となる半径を★印で図中に示す。削減量が最大となる半径と削減率が最高となる半径は、葛飾、江戸川、世田谷、板橋で一致しておらず、これらの地域では削減効率で考えるとより小さい半径の方がよいことが示された。

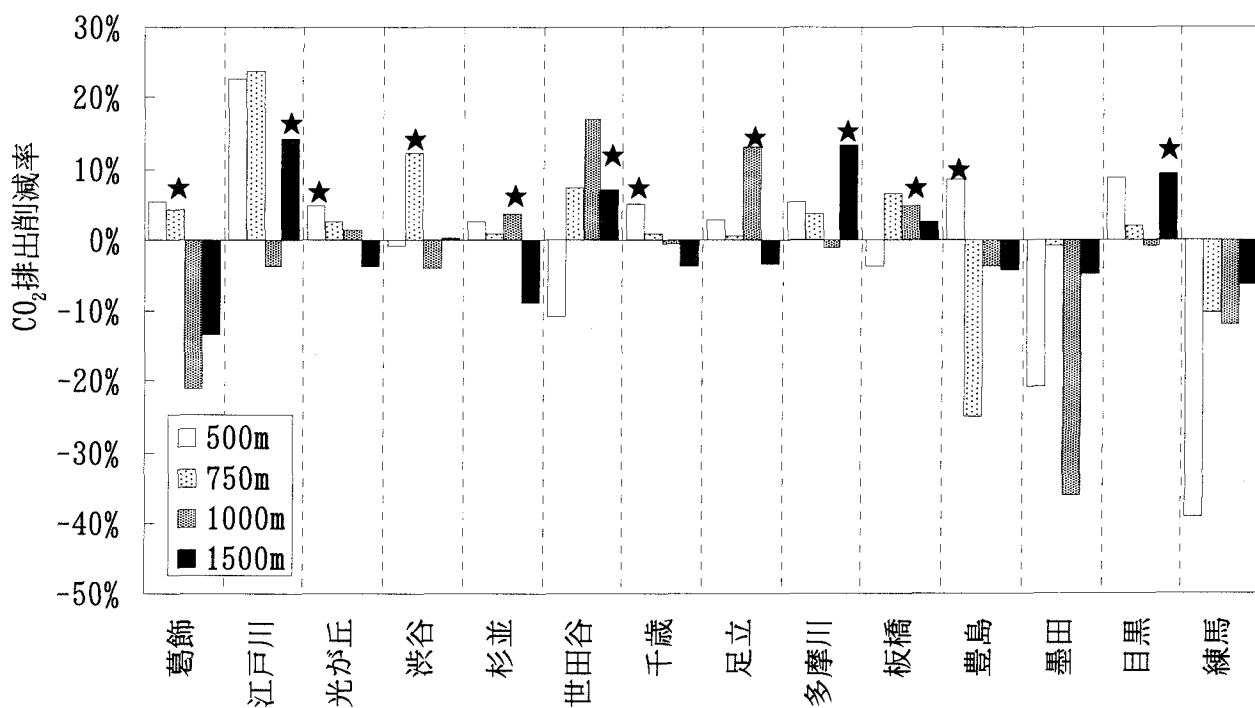


図3 各清掃工場周辺地区におけるCO₂排出削減率
(★は削減量が最大となる半径)

各地区各半径毎に導入対象建物の総延べ床面積と導入対象地域の面積の比を算出し、CO₂排出削減率と比較した。結果を図4に示す。導入対象建物の延べ床面積が大きいほど熱需要は大きくなるため、この図で右側ほど熱需要密度が高い傾向にあり、地域冷暖房の導入には有利となる。延べ床面積の比が20%以下の地域では、CO₂排出削減率がマイナス、つまりCO₂排出が増加してしまう地域が多くなっているが、20%以上の地域でもCO₂排出削減率が大きくなる傾向は見られず、逆に60%を超えるような地域においてもCO₂排出が増加してしまう地域が存在した。

延べ床面積比が60%を超えていてCO₂排出削減率がマイナスとなっているのは、渋谷および豊島の清掃工場周辺地区であり、前述したように近隣に副都心があるため熱需要密度は高いが、それに見合うほどの未利用エネルギー量がないため、効率が悪くなっていることが原因として考えられた。

次に事務所系および住宅系で導入対象となる建物の延べ床面積が総延べ床面積に占める割合を各地区各半径毎に算出し、CO₂排出削減率と比較した。結果を図5に示す。事務所系建物は単位床面積あたりの熱需要が小さく、一方住宅系は熱需要が大きいので、住宅系の比率が高い地区の方が地域冷暖房の導入においては有利になるものと考えられる。この結果から、事務所系建物についてはその割合とCO₂排出削減率について明確な関係が見られなかったが、住宅系の建物についてはその割合が80%を超えるような地域のほとんどでCO₂排出削減率はプラスとなっている傾向が示された。

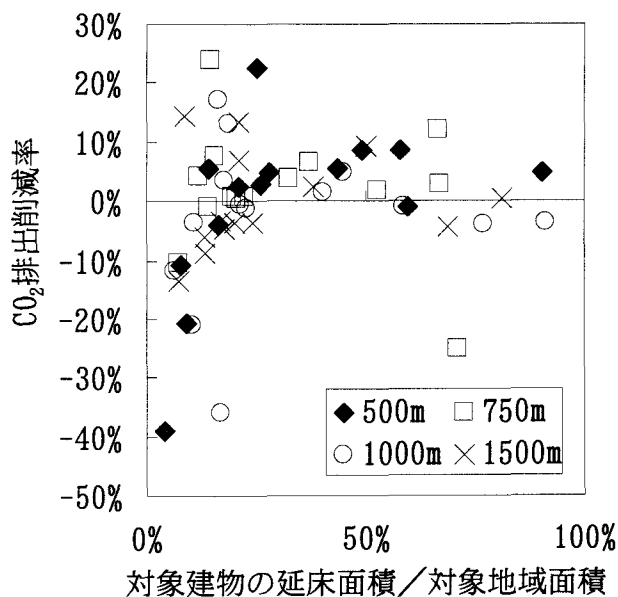


図4 導入地域面積あたりの導入対象建物の延べ床面積の比とCO₂排出削減率の関係

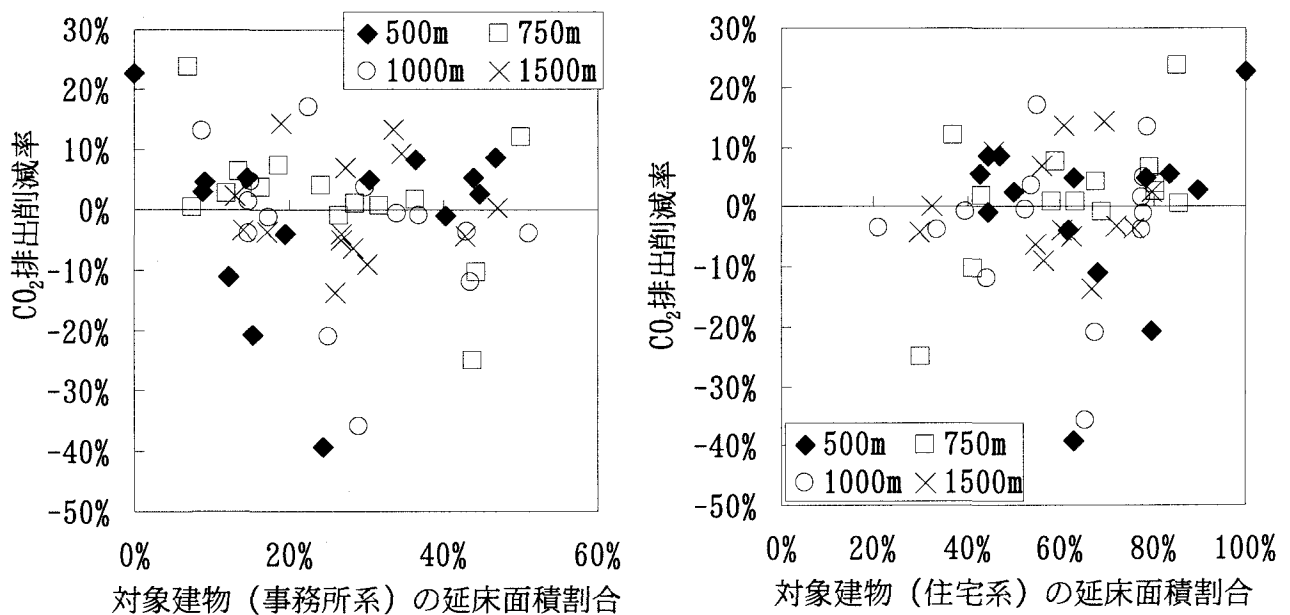


図5 事務所系、住宅系の延べ床面積割合とCO₂排出削減率の関係

4 まとめ

東京都区部を対象として、各清掃工場毎に未利用廃熱を利用した地域冷暖房システムの導入によるCO₂排出の削減可能性について、実際の建物情報をもとに評価した。その結果、年間87千t-CO₂の削減が見込まれることが示された。また、地区によってCO₂排出削減量が最大となる導入地域規模が異なった。しかし、周辺地区の特性とCO₂排出削減との関係と言うことでは、建物の延べ床面積の密度や住宅系や事務所系建物の比率といった項目については今回の解析の中では明確な関係は見られなかった。これら以外の地域特性として、ホテルや病院などの熱需要が高い建物の存在、各用途の建物の混在度、未利用エネルギーの賦存量などさまざまな要因が複雑に絡んでいるものと考えられる。

最後に、今回の結果は熱源機器の設定や配管に伴うCO₂排出の原単位、配管の耐用年数、熱需要のプロファイルの設定、未利用エネルギー量の算出方法などの影響を大きく受けており、これらの項目について精査していく必要がある。

本研究の一部は、文部科学省革新的技術開発研究推進費補助金「都市への二酸化炭素排出削減技術群適用効果の統合的解析と最適化」の補助により行われたものである。また、C-PLAN2000の使用にあたっては東京ガス（株）のご協力を頂いた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 林英明ら、地域配管の建設によるエネルギー消費量と二酸化炭素排出量、日本建築学会計画系論文集、521、81-87、1999
- 2) 並木貴司ら、コジェネレーションシステムと清掃工場排熱利用の地域冷暖房システムの導入によるCO₂排出削減量の評価～東京都区部におけるケーススタディー～、第29回環境システム研究論文発表会講演集、27-35、2001
- 3) 富士総合研究所、「地球環境保全に向けた東京アクションプラン」(仮称)に係わる基礎調査報告書、平成9年12月