

研究論文

都市スケールでの未利用エネルギー導入による 省エネ効果の詳細評価モデル

A Model for Detailed Evaluation of Fossil-energy Saving
by Utilizing Unused but Possible Energy Sources on a City Scale

森 保文*・亀卦川 幸浩**・内田 裕之***
Yasuhumi Mori Yukihiro Kikegawa Hiroyuki Uchida

(原稿受付日2005年8月18日, 受理日2005年12月16日)

Abstract

There is a growing interest in utilization of unused but possible energy sources to reduce the carbon dioxide emission and the fossil-energy consumption, and especially to comply with Kyoto protocol which has gone into effect in 2005. Detailed effects in consideration of plant location, land use and Life Cycle Analysis, however, have not been fully estimated yet to confirm the advantage of the new energy source usage.

A model for heat energy of river water and treated sewage water, and waste heat energy from incineration plant of municipal solid waste was built and applied to Tokyo urban area in Japan, considering spatial and time-related distribution of the demand and supply, shapes of building in demand area and Life Cycle Analysis. The model selected areas which should use these energies without prejudice and sometimes the areas were far from the energy existing point. The reduction of the carbon dioxide emission by the new energy sources was about 8% of the reduction target of Tokyo in 1990. The model was able to precisely evaluate the new energy usage, using data both of supply and demand side.

1. はじめに

ロシアの京都議定書批准により、京都議定書の発効が2005年2月に現実のものとなった。京都議定書において日本のCO₂排出削減目標は1990年レベルの6%と決められており、削減すべきCO₂排出量は2002年で13.6%、約170Mt-CO₂に達している¹⁾。

CO₂排出削減は容易ではなく、多くの対策を同時に行うことが必要と考えられる。削減対策の1つに未利用エネルギーの活用があり、1994年に決定された「新エネルギー導入大綱」においても、その推進が取り上げられている。

現存する技術条件下での未利用エネルギー利用によるCO₂排出削減量を全国規模で推定した例によると、未利用エネルギー利用によるCO₂排出削減のポテンシャルは約17Mt-CO₂であり、1990年レベルの削減目標の25%程度²⁾、2002年のその10%程度と見積もられている。これは無視できる値ではないと考えられる。

しかしポテンシャルは、未利用エネルギーと需要との空

間的・時間的・量的な分布が好条件で一致した時に発揮されるものであって、実際の効果は現実的条件を考慮して算定しなければならない。すなわち、未利用エネルギー存在地点(熱源)と需要地区間および需要地区内における熱源水の搬送による損失および蓄熱による損失などを正確に推定する必要がある。また設備建設などにかかわるエネルギー消費やCO₂排出について、ライフサイクルアセスメント(LCA)を実施することも不可欠である。搬送による損失を考慮したものとしては、河川水、海水、下水処理水の利用システムについて、大阪市を対象に未利用エネルギー存在地点と需要地区間の搬送ネットワークを検討した例があり³⁾、ごみ焼却場については、モデル街区を用いてその省エネ性を検討した例があるが⁴⁾、広域を対象にし、かつ上記の条件を網羅的に考慮した詳細な推定例は少ない。

本研究では、ごみ焼却場、河川水および下水処理水を対象に、上記条件を満たす物理モデルによる未利用エネルギー導入評価手法を開発し、それを東京23区に適用して、その有効性を検証した。

2. 方法

2.1 全体の算定フロー

ごみ焼却場では背圧タービンにより発生した蒸気を用い

第17回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス(2001),
第21回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス(2005)にて、一部発表

* (独)国立環境研究所 社会環境システム研究領域主任研究員

〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2

** 明星大学理工学部環境システム学科助教授

〒191-8506 東京都日野市久保2-1-1

*** みずほ情報総研(株)チーフコンサルタント

〒101-8443 東京都千代田区神田錦町2-3 竹橋スクエアビル

て、温水は温水熱交換器、冷水は吸収式冷凍機により、河川水と下水処理水ではそれぞれを熱源としてヒートポンプにより冷温水を作り、需要地区に送るものとした。ごみ焼却場の発電は系統電力に接続し、熱需要メッシュの選択は熱利用のみで判定した。省エネ効果算定手法の概略手順は以下の通りであった(図1参照)。入力するデータは、未利用エネルギーデータ、熱需要メッシュデータ、その他データの3つに分けられ、未利用エネルギーデータと熱需要メッシュデータの一部はGISデータから作成した。未利用エネルギーデータには月別の値を用いた。下水の処理水量は日内で大きく変動することが知られている⁹⁾が、ここでは、日内の変動はないものとして計算した。

これらのデータから、省エネ効果算定モデルにより、未利用エネルギー存在地点からある一定距離範囲内の熱需要メッシュ(約500m四方)について省エネ効果を算定し、その中でCO₂排出削減効果が最大であった熱需要メッシュを選択した後、そのメッシュを探索対象から除外し、さらに次の熱需要メッシュを選択する作業を繰り返した。これを未利用エネルギーがなくなるか、効果のある熱需要メッシュがなくなるまで続け、省エネ効果を積算した。

河川水については、基本的手法は同じであるが、以下の点が異なった。河川は形状が線形であるので、位置をメッシュに落とし対応するメッシュの中央を未利用エネルギー存在地点(以後、河川地点と呼ぶ)とし、計算は対象河川の全河川地点について行い、最も省エネとCO₂削減効果の高かった熱需要メッシュを選択し、そのメッシュに利用された熱量を、対応する河川地点およびその下流に位置する全ての河川地点の利用可能熱量から引いた上で次の計算に移った。上流で使用された量だけ下流で利用できる熱量は減少するからである。

未利用エネルギー存在地点と熱需要メッシュの距離範囲については、河川と下水については1 kmを、ごみ焼却場に

については4 kmを限度とした。ごみ焼却場における距離限界を長くしたのは、高温の廃熱を利用するごみ焼却場の未利用エネルギーシステムの総合エネルギー効率は、ヒートポンプを利用する河川および下水のシステムに比べかなり高いため、ごみ焼却場のシステムではエネルギーを遠距離搬送しても省エネ効果があると予想されたためである。ただし、この距離を任意とすることも可能であり、本論でも後述するモデル計算では、多様な距離での計算を実施した。

2.2 省エネ効果算定モデル

図2に省エネ効果算定モデルの内部での計算フローを示し、表1に主要なパラメーターを記した。熱源機器のCOPは熱源媒体の温度から計算した⁷⁾。

過熱蒸気圧力などのごみ焼却場の条件については、実際に稼動している施設のデータを主として用いることとした。ごみ焼却場の発電量は本来、熱利用が多くなれば減少するが、ここでは、熱利用量によらず、ごみの熱量に対する発電効率を一定とした。

河川と下水の利用温度差は、現状の熱交換システムの技術レベルから5℃とした。河川については、生態系への影響を考慮して、日平均流量の月別最小値の5分の1を利用することで河川の全流量の水温に与える影響を1℃以内とした。

この省エネ効果算定モデルには以下のような4つの特徴があり、これらにより配管全体における搬送による損失、蓄熱による損失、設備建設によるエネルギー消費やCO₂排出を取り扱った。

1つには、熱需要と供給可能熱量から蓄熱を考慮した出力・設備容量を算定した。蓄熱に関しては、最大供給可能熱量が時刻別の熱需要を超えた場合に、その熱量を蓄熱して、最大供給可能熱量が足りない場合にそれを使用した。その際には、日内総蓄熱量に熱損失率をかけて熱損失量を算出し蓄熱による損失を考慮した。これにより、未利用エネルギーを効率的に使用することで出力を大きくでき、同時に設備容量は小さくなった。

2つには、運転容量から管径を算出し、未利用エネルギー存在地点と需要地区との距離からその間の搬送動力を計算した。プラントの位置については、河川と下水については未利用エネルギー存在地点と需要地区の中間地点に、ごみ焼却場については、未利用エネルギー存在地点と需要地区の距離が1 km以内の場合は需要地区に、それを超える場合は存在地点と需要地区の距離が1 kmの地点にプラントを置くこととした。これは、ごみ焼却場からは蒸気により熱が搬送されるので、より遠くにプラントを置くことが搬送動力の軽減に有効であるが、一方、蒸気が冷凍機の駆動条件内に収まるには、熱と圧力損失のため搬送距離1 kmが限界であるためである。

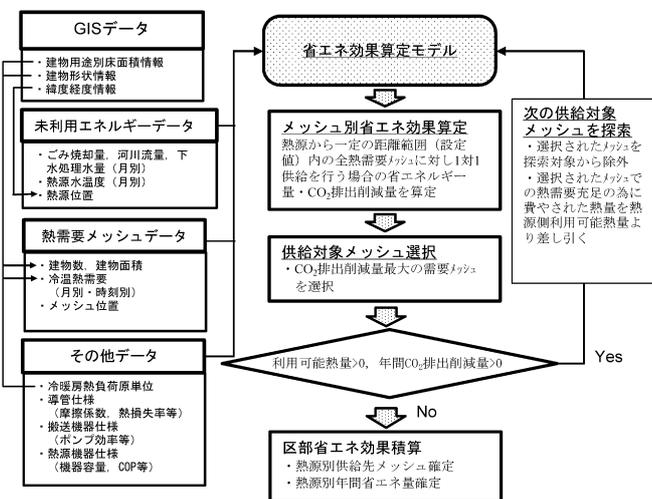


図1 省エネ効果算定フロー

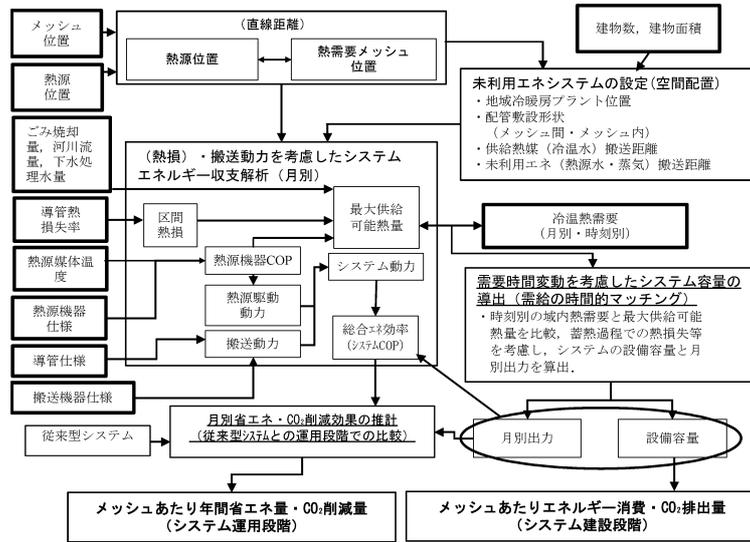


図2 省エネ効果算定モデルの計算フロー

表1 主なパラメーター

パラメーター	数値	単位	ごみ	河川	下水	備考
熱媒上限流速	3	m/s	○	○	○	過流速に伴う腐食を考慮 ⁶⁾
供給冷水温度 (往)	7	°C	○	○	○	文献 ⁷⁾
供給温水温度 (往)	47	°C	○	○	○	文献 ⁷⁾
供給冷水温度 (還)	12	°C	○	○	○	文献 ⁷⁾
供給温水温度 (還)	42	°C	○	○	○	文献 ⁷⁾
導管摩擦係数	0.071		○	○	○	市販銅管として計算 ⁸⁾
ポンプ効率	0.665		○	○	○	文献 ⁹⁾
蓄熱槽熱損失率 (冷水)	0.05	/d	○	○	○	文献 ⁹⁾
蓄熱槽熱損失率 (温水)	0.10	/d	○	○	○	文献 ⁹⁾
熱媒上限流速 (蒸気)	30	m/s	○	○	○	文献 ¹⁰⁾
過熱蒸気圧力	30	kgf/cm ²	○	○	○	実際のごみ焼却場の標準的条件 ¹¹⁾
過熱蒸気温度	300	°C	○	○	○	実際のごみ焼却場の標準的条件 ¹¹⁾
廃熱ボイラー効率	0.7		○	○	○	都内13ごみ焼却場の平均値 ¹¹⁾
廃熱場内効率	0.209		○	○	○	都内13ごみ焼却場の平均値 ¹¹⁾
発電効率	0.05		○	○	○	都内13ごみ焼却場の平均値 ¹¹⁾
HP冷媒熱源水平均温度差*	12.5	°C	○	○	○	文献 ⁷⁾
熱源機器容量	1000	USRT	○	○	○	地域冷暖房用の標準的機器容量

*ヒートポンプの凝縮器・蒸発器における冷媒と熱源媒体 (熱源水) の平均温度差

3つには、需要地区内の建物形状をモデル化することで、地域内の配管を仮定して、地域内での搬送動力を算定した。搬送動力は配管形状によって変化する。需要地区内の配管モデルについては、建物数と平均建物面積から、等しい面積の正方形の建物が等しい正方形の土地に格子状に並んでいる街区を仮定し、建物への配管形状を決定した (図3参照)。これにより、建物と土地の一辺の長さ (図3のEとF) を求め、配管長をメインパイプから末端パイプまでの段階毎に (図3の街区の例では7段階に) 仮定し、また必要な流量・流速から管口径を算定した。これらの値からより現実的な搬送動力を求めた。

4つには、設備容量を算出することで、エネルギーとCO₂排出量についてLCAを実施した。LCAの対象は河川取水設備、熱源水導管、冷温水発生装置、冷温水供給導管など未利用エネルギーを利用してエネルギー供給を行う施設とした。ごみ焼却場についてはボイラー、発電機もともに範囲外とし、ごみ収集に関連する部分も範囲外とした。分析対象としたライフサイクル段階は施設建設と運用であり、修繕・保守と廃棄は除いた。耐用年数は導管については10年、その他については15年と設定した。



街区配列のモデル化 (格子状街区へ近似)

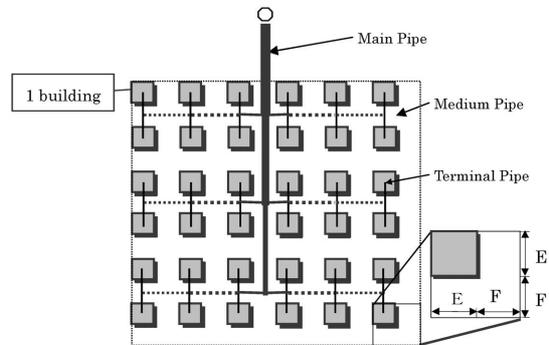


図3 需要地区内の配管モデル

省エネ効果を推定するための比較すべき対照システムとして、各建物が個別に空調システムを保有することを想定した。その機器構成を近年における導入傾向^{12), 13)}から建物用途別に設定し、機器のエネルギー効率 (COP) を調査資料¹⁰⁾に基づき設定した。例えば、住宅では空気熱源ヒートポンプ (冷房) と灯油ファンヒーター (暖房)、商業施設ではガス吸収式冷温水発生機 (冷暖併用)、事務所ではガス吸収式冷温水発生機 (冷暖併用) と空気熱源ヒートポンプ (冷暖併用) を採用した。電力に関するCO₂排出量については1997年度東京電力実績から全電源平均のCO₂排出原単位 (76g-C/kWh) を用いた。

2.3 東京23区データ

熱需要については、GISデータとして平成8年度版東京都土地利用現況調査を用いて利用用途別床面積を求め、これに冷暖房熱負荷原単位¹⁴⁻¹⁷⁾を掛けることで冷房と暖房における年間熱負荷量を求めた。さらに月別と時刻別の変動係数^{14)、18-19)}を用いて熱需要の時間変動および最大値を求めた。また建物数と平均建物面積についても同じGISデータから求めた。

ごみ焼却場と下水については、住所により位置を特定した。ごみ焼却量は公的資料²⁰⁾より求めた。

河川水については、河川の分岐・合流の形状、建設省流量年表²¹⁾、水質年表²²⁾、東京都公共用水域水質調査資料²³⁾に基づき、流量一定と仮定できる区間に河川を分割し、区間単位ごとに日平均流量の月別最小値と月別平均水温を算定した。下水の晴天日下水処理量と水温については、公的資料^{24)、25)}の値を用いた。

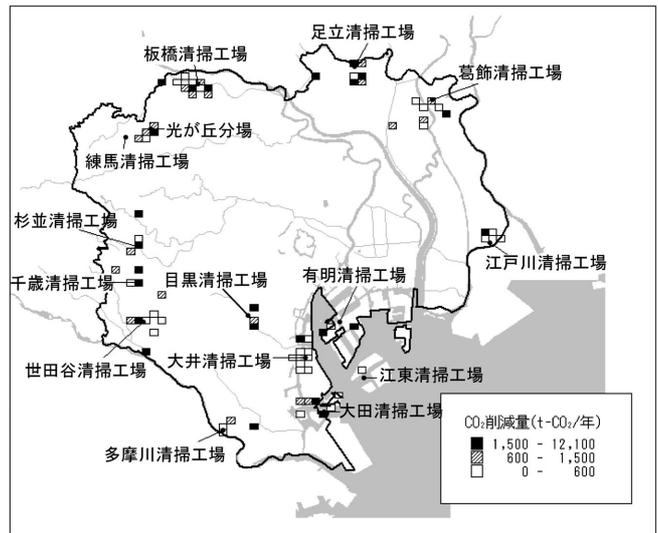
3. 結果

3.1 熱需要メッシュの選択

地球温暖化対策に着目して、以下ではCO₂削減効果について述べる。図4にごみ焼却場についてのCO₂削減効果のある熱需要メッシュを示した。意外なことに、未利用エネルギーを送付すべき熱需要メッシュは、焼却場に対して同心円状に広がるわけではなく、飛び地に存在するケースが多く見られた。特に、CO₂削減効果の高い熱需要メッシュのほとんどは焼却場に隣接していなかった。メッシュの選択順序を調べたところ、焼却場から遠く離れたメッシュから選択される例がかなり見られた。このことは、CO₂削減効果が未利用エネルギー存在地点との距離だけではなく熱需要に大きく左右されたことを示している。未利用エネルギーを近隣で利用するよりも、遠隔地へ運んだ方がCO₂削減効果の高い場合があったことを意味している。

熱需要利用によるCO₂削減量では足立清掃工場、目黒清掃工場、有明清掃工場が上位3つであり、近傍で高い熱需要を持つ比較的少数のメッシュで集中的にエネルギーが利用されることが高いCO₂削減に結びついたことを示している。また全ごみ焼却場で見ると、熱利用割合(ごみの熱量にボイラー効率を乗じた熱量に対する割合)は約50%であり、ごみの熱の半分にCO₂削減の上で利用価値があった。ごみ焼却場の場合は、比較的近傍に熱需要の高い地区があれば、未利用エネルギーのかなりの部分に利用する価値があったことを示している。また発電によるCO₂削減量は熱利用によるものの約3分の1であり、両者の合計で約0.17 (Mt-CO₂/y) の削減となった。

河川については、未利用エネルギーを供給すべき熱需要メッシュのほとんどが隅田川周辺にあった(図5参照)。ま



*北清掃工場と墨田清掃工場は調査年度途中から稼動したためデータがなく、解析から除いた。

図4 ごみ焼却場について選択された熱需要メッシュ

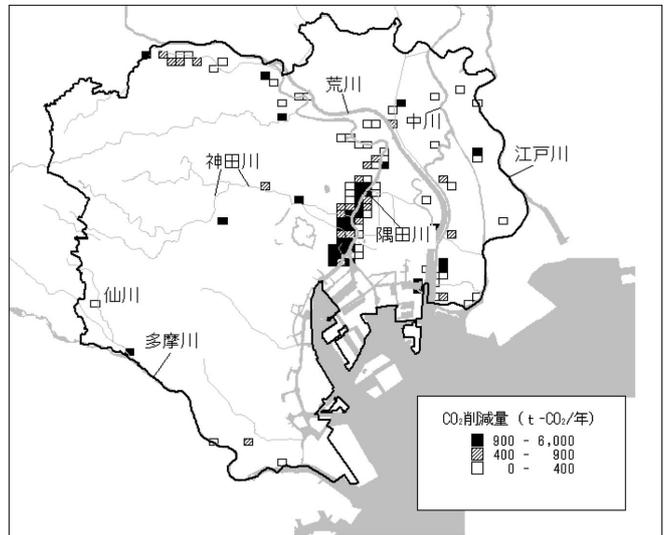


図5 河川について選択された熱需要メッシュ

たごみ焼却場と同様に、河川から離れた熱需要メッシュが選択される場合があり、高い熱需要がメッシュの選択の大きな要因であったことを示している。河川上流のメッシュも選択されており、河川水の未利用エネルギー利用に当たっては流域全体を見渡しての需要地区選択が重要と考えられた。隅田川水系は利用割合が60%と高く、CO₂削減量でも隅田川水系が全体の約8割を占めた。河川合計では利用割合は23%程度と低く、CO₂削減量は約0.09 (Mt-CO₂/y)であった。河川の場合は、隅田川水系を除いて近傍に熱需要の高い地区が十分になく、未利用エネルギーの利用が困難であったことを示している。

下水処理水については、未利用エネルギーを供給できる熱需要メッシュは多くなく、まったくエネルギーが使われない下水処理場もあった(図6参照)。下水処理場を離れた熱需要メッシュが選択される場合があったが、ほとんどは



図6 下水処理場について選択された熱需要メッシュ

直近の熱需要メッシュが選択された。芝浦水処理センターでは、利用割合は約30%であるものの利用量は最も多く、CO₂削減量では全下水処理場合計の半分を占めた。これは、芝浦水処理場の周辺に非常に熱需要の高い地区があったからである。全体では、CO₂削減の上で利用価値のある下水処理水の未利用エネルギーの割合は約17%にとどまり、利用できない処理水が多かった。CO₂削減量も約0.015 (Mt-CO₂/y)にとどまった。未利用エネルギーが多く存在する地点の周辺に十分な需要がなく、需給バランスが適切でなかったことを示している。

3.2 CO₂削減量

未利用エネルギーによるCO₂削減量の合計は、3.1の結果から0.27Mt-CO₂であり、その約60%はごみ焼却場、25%は河川によるものであった。一方、東京都の1990年のCO₂排出量は57.9Mt-CO₂と見積もられており²⁶⁾、その6%を削減すると、その量は3.47Mt-CO₂となる。したがって削減目標に対して、未利用エネルギーは8%の効果を持つこととなった。

なお、現在すでに利用されている未利用エネルギーも一部存在するが、その量は未利用エネルギーの全体量に対してわずかであった。ただし、ごみ焼却場による発電はすでに多数の施設で導入されており、未導入の施設で今後増加できる量は100 (10⁶kWh/y)程度と見積もられ、これは発電量の計算結果の約3分の1に相当した。このため、現在利用されていないエネルギーの利用によるCO₂削減効果は、ごみ発電による部分を約3分の1に見積もる必要があり、未利用エネルギー全体では当計算結果の9割程度と考えられた。

3.3 未利用エネルギー利用のガイドライン

図7に、河川について、未利用エネルギーの利用効果に対する熱需要、地域内配管長および未利用エネルギー存在

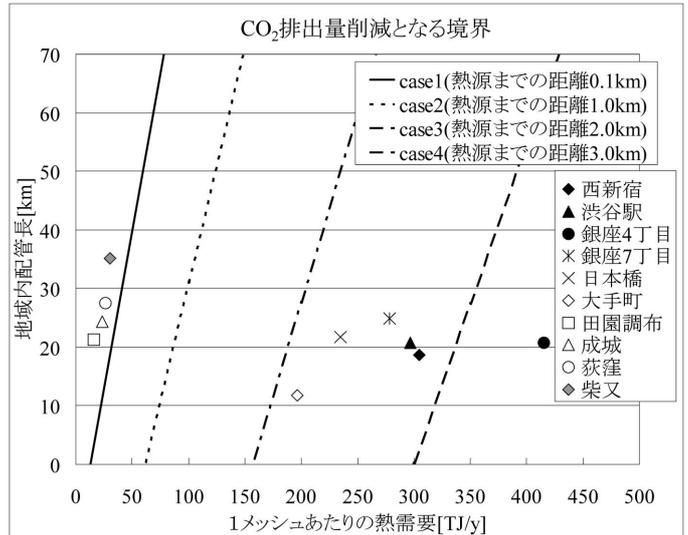


図7 河川についてのガイドライン

地点と需要地区との距離の関係を示した。23区内の河川平均の未利用エネルギーを持つ河川を想定した上で仮想的に街区を設定し、本研究の手法を適用して街区を特徴付ける要因とCO₂削減量の関係を導いた。街区をイメージしやすくするために、実際の街区の相当する位置も図中に示した。図中の斜線より右に需要地区があれば、未利用エネルギーの利用にCO₂削減効果があることを意味する。たとえば、多くの住宅地は地域内配管長がおよそ20~30km、熱需要は30 (TJ/y)程度と算定されたが、この条件では、河川が0.1kmの距離にあっても、未利用エネルギーを利用することに効果はなかった。一方、銀座4丁目のように大きなビルが多く熱需要が高い街区の場合には、地域内配管長が20km以内で熱需要が400 (TJ/y)程度になり、3 km離れた河川であっても、その未利用エネルギーの利用によりCO₂排出量を削減できると判断できた。

下水処理水についての結果はほぼ河川と同様であったが、ごみ焼却場については大きく異なった(図8参照)。住宅地においても、1.0kmの距離であれば、未利用エネルギー利用に効果が認められ、熱需要がある程度あれば、5 km離れた地点から未利用エネルギーを搬送して利用してもCO₂削減ができる結果となった。ただし距離が6.0kmを越えると、搬送動力が大きくなるため、熱需要によらずCO₂削減効果は認められなかった。このように、街区の条件で決定される未利用エネルギーの利用の可否を、本手法を使うことにより判定することができた。

なお、東京23区全体のCO₂削減量の見積もりにおいて設定した未利用エネルギー存在地点と熱需要メッシュの距離範囲は、河川と下水で1 km、ごみ焼却場で4 kmであり、これは上記結果より短いので、23区の結果は過小側の評価と考えられた。しかし実際には、河川の周辺に高い熱需要地区は少なく、また迷惑施設と見られることの多いごみ焼却

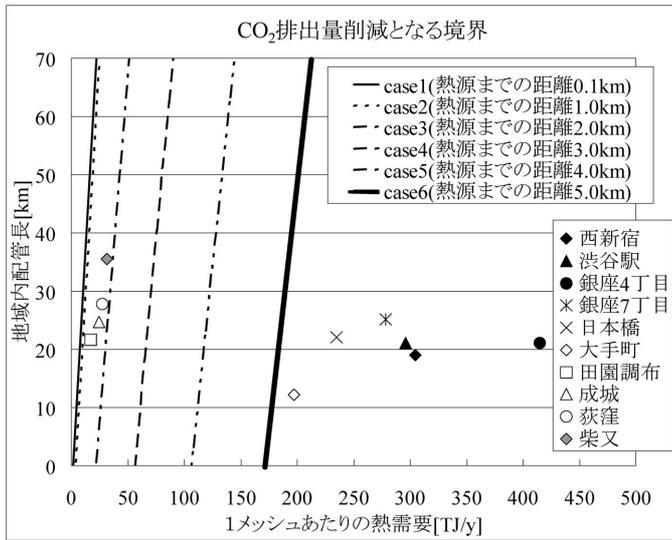


図8 ごみ焼却場についてのガイドライン

場や下水処理場の多くは熱需要の高い地区から離れた場所に立地しているため、計算結果に大きな差は生じないと判断された。

3.4 LCA的に見た投入エネルギー

未利用エネルギーを利用するために必要なエネルギーの内、ごみ焼却場、河川および下水処理場に共通して、搬送動力が多くを占めた(図9参照)。管内での圧力損失を減少させることが、利用量やCO₂削減量をも高める上で有効と考えられた。河川と下水処理水ではプラント動力もかなりの割合を占め、プラントの熱交換の効率改善などが必要との結果であった。またごみ焼却場では、配管建設に要するエネルギーが多かったことから、管製造および建設における何らかの省エネも考慮すべきと考えられた。

4. 考察

省エネ効果の詳細評価モデルを東京23区に適用したところ、未利用エネルギーを利用すべき熱需要メッシュは未利用エネルギー存在地点の近傍にあるとは限らず、あえて遠くまでエネルギーを搬送した方がCO₂削減効果の高い場合が多々あった。またいずれの熱需要メッシュにも使用できなかった未利用エネルギーもあった。河川については、未利用エネルギーを上流で使用すべき場合もあった。このように、未利用エネルギーの活用計画を未利用エネルギーの存在地点のみから単純に作成することは危険であり、本手法のように需要側の条件や現実的なエネルギー損失などを考慮することの重要性が明らかとなった。特に、東京23区においては、ごみ焼却場、河川および下水処理場は中央部の熱需要の高い地域に立地していないので、周辺の熱需要を慎重に考慮することが重要と考えられた。

本手法から作成した図7, 8は、未利用エネルギー活用の可否の判断基準の一例であり、今後はこのようなきめ細

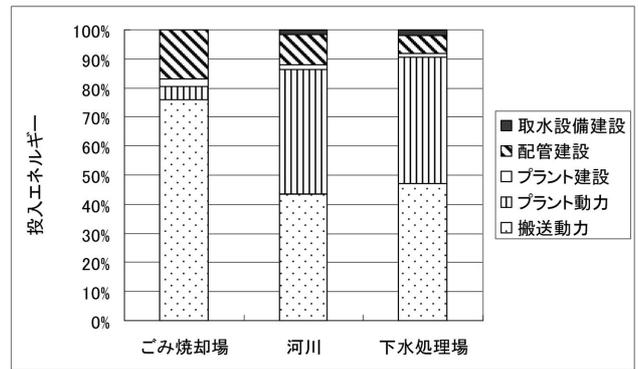


図9 未利用エネルギーの利用に必要な投入エネルギー

かい未利用エネルギー活用計画が必要と考えられた。また逆に、本手法を用いて、ごみ焼却場と下水処理場の最適立地や河川に対して最適な土地利用計画を導くこともできるが、これについては本論の範囲を超えており、可能性を指摘するにとどめる。

東京都の1990年のCO₂削減目標に対し、約8%の効果を生じた未利用エネルギーは持っていた。全国レベルのポテンシャルの推計では、その効果は1990年レベルの削減目標の25%程度²⁾であった。手法と地域が異なるため単純な比較はできないが、現実的条件を加味すると最大限に未利用エネルギーを利用した場合でも、実際の効果はポテンシャルよりかなり低下すると推定された。しかしながら、CO₂削減を達成する決定的な対策を見出しえない現状では、多様な取り組みが必要であり、8%の効果は十分に検討に値すると考えられた。

本結果はモデルを用いてCO₂削減効果を算出したものであり、その正確性について、実際の未利用エネルギーシステムで検証することが望ましい。しかしながら、都市スケールでの実験は現実的には不可能であり、結果の利用は慎重に行う必要がある。ごみ焼却場のボイラー関連の条件などの各部分においては、できるだけ実際の未利用エネルギーシステムの性能を反映するように値を設定しているが、全体の出力結果について過大評価の可能性は皆無ではないので、安全側で評価すべきであろう。また、本研究では、経済性の検討は実施しなかった。配管建設の工事費はかなり高くなることが予想され、未利用エネルギーのコスト面からの解析も必要である。

5. まとめ

都市スケールの広い地域を対象に、未利用エネルギー利用による省エネ効果を現実の条件に即して評価するために、未利用エネルギー存在地点と需要地区間のエネルギー搬送による損失、街区の配管網における圧力損失、蓄熱による損失および設備建設によるエネルギー消費やCO₂排出の算定をモデルの機構として持ち、時間変化する需要とのマッ

チングが可能な詳細評価モデルを開発して、東京23区に適用した。

モデルは、未利用エネルギー使用によってCO₂削減効果のある需要メッシュを、熱需要、街区形状および未利用エネルギー存在地点との距離などの複雑な条件から客観的に選択し、結果として遠隔地が選ばれる場合もあった。また街区の条件から未利用エネルギー利用の可否を判断するガイドラインを作成することができた。

未利用エネルギー利用によるCO₂削減効果は東京都の1990年の目標値の8%程度であった。

LCA結果から、プラント動力、搬送動力および配管建設についての効率の向上が未利用エネルギーの使用によるCO₂削減の増進に有効であった。

以上から、当モデルは、未利用エネルギーの利用可能量と需要側のデータに基づき未利用エネルギーの利用による効果を詳細に評価する手法として有効と考えられた。

参考文献

- 1) 環境省; 環境省資料, <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/index.html>, (アクセス日2004. 10. 22)
- 2) 森 保文, 亀卦川 幸浩, 乙間末廣, 寺園 淳; 全国における未利用エネルギー利用による省エネ効果の推計, エネルギー・資源21-4 (2000), 363-368.
- 3) 下田吉之他; 都市未利用エネルギーの活用可能性評価手法に関する研究(第2報), 空気調和・衛生工学会論文集 67(1997), 1-10.
- 4) 下田吉之, 柳 邦治, 水野 稔; 熱需要の変動を考慮した清掃工場廃熱活用熱電併給システムに関する研究, 空気調和・衛生工学会論文集 80 (2001), 27-35.
- 5) 村井昭, 田原徳夫, 中島剛; 電力負荷平準化を目指したオゾン貯蔵メカニズム解析と貯蔵シミュレーション, 電気学会論文誌 D122 (3) (2002), 223-234.
- 6) 河原透, 尾島俊雄; 低温未利用エネルギーの省エネルギー性に関する研究, 日本建築学会計画系論文集 455(1944), 37-46.
- 7) 下田吉之他; 都市未利用エネルギーの活用可能性評価手法に関する研究(第1報), 空気調和・衛生工学会論文集 61(1996), 67-77.
- 8) 井上宇市記; 地域暖房, (1988), 丸善株式会社.
- 9) 日本地域冷暖房協会; 地域冷暖房技術手引書, 108, (1997).
- 10) NEDO; 環境調和型高効率エネルギー利用システム開発 最適システム設計技術の研究 トータルシステムの設計・評価の研究 (1996).
- 11) 石川禎明; ごみ焼却排熱の有効利用, (1996), 理工図書.
- 12) 亀谷茂樹, 水野 稔, 下田吉之; 空調設備の年代推移と都市熱環境負荷の変化の推移, 空気調和・衛生工学会論文集, No. 67 (1997), 13-21.
- 13) NEDO; 都市域を対象とした広域熱供給システムのCO₂削減効果に関する調査 (1998).
- 14) 東京都; 地域暖冷房に関する指導要綱 (1991).
- 15) 松尾友矩他; 東京大学工学部試験年報 (1995).
- 16) 空気調和・衛生工学会; CGS設計法に関する研究 (1994).
- 17) 森 保文, 亀卦川 幸浩, 内田裕之, 乙間末廣; 需要と供給の空間的および時間的分布を考慮した未利用エネルギー利用による省エネ効果, 17回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, (2001), 355-360.
- 18) 空気調和・衛生工学会; コージェネレーションシステム設計・計画と評価 (1990).
- 19) 日本ガス協会; 次世代型ガスコージェネレーション技術研究会報告書 (1990).
- 20) 東京都清掃局; 清掃局年報 (平成9年度).
- 21) 建設省; 流量年表 (1995).
- 22) 建設省; 水質年表 (1995).
- 23) 東京都公用水域水質調査資料 (1996).
- 24) 日本下水道協会; 平成9年度版下水道統計行政編 (1999).
- 25) 平成9年度水質管理年報日常試験総括表 (1998).
- 26) 東京都; 都における温室効果ガス排出量総合調査 (2000年度実績, 2002年度調査) (2003).

協賛行事ごあんない

「第16回環境工学総合シンポジウム」

〔共 催〕 日本音響学会, 廃棄物学会,
産業技術総合研究所

〔協 賛〕 空気調和・衛生工学会, 日本化学会,
日本鉄鋼協会, 日本燃焼学会他

〔期 日〕 平成18年7月12日(水)~13日(木)

〔場 所〕 独産業技術総合研究所

臨海副都心センター11階

(東京都江東区青梅2-42)

〔問合せ先〕 日本機械学会 環境工学部門担当

TEL: 03-5360-3505 FAX: 03-5360-3509

<http://www.jsme.or.jp/>