

B 53 都市圏の資源・エネルギー循環と都市構造に係わる温暖化防止対策技術に関する研究

(1) 都市内分散型エネルギー需給技術の温暖化抑制効果と都市環境影響に関する研究

①都市静脈系の未利用エネルギー利用技術に関する研究

研究代表者 国立環境研究所社会環境システム部 資源管理研究室 森 保文

環境庁国立環境研究所

社会環境システム部 資源管理研究室 寺園 淳
(委託先) 東京大学 花木 啓祐
京都大学 高月 紘

平成9～11年度合計予算額 33,183千円
(平成11年度合計予算額 11,194千円)

[要旨] 現在未利用エネルギーの利用による二酸化炭素排出量の削減と省エネが注目されているが、全国規模でのその効果については十分な推定がされていない。

ここでは河川水、下水処理水、ごみ焼却場および地下鉄の未利用エネルギーについて、利用可能量、供給ポテンシャルおよび省エネ効果を存在する技術条件下で求めた。利用可能量は河川水量などの基礎データと環境面などの制約条件から求めた。供給ポテンシャルは配管での熱損失率などの設備効率を考慮して算出した。省エネ効果は通常システムと比較することで推定した。全国の未利用エネルギー利用によるCO₂排出削減量は1996年における削減目標に対して10%程度と見積もられた。

プラントの立地条件や土地利用およびライフサイクル分析などを考慮したより詳しい解析の必要性が認められたので、都市活動あるいは都市構造を温暖化抑制の観点から変換していくことを目的に、河川水の温度差エネルギーおよび都市の静脈系と言われる廃棄物処理システム、下水システムなどからの廃熱利用技術をライフサイクル分析する手法を開発した。それを用いて事例調査した結果、未利用エネルギーによる省エネルギー効果は熱源までの距離によって大きく変化し、効果が期待できる限界距離があることが明らかとなった。

さらに東京都23区全域を対象に、GISデータを駆使し、熱・エネルギー需要を推定すると同時に未利用エネルギーの分布を推定し、両者から上記手法を応用して最適な未利用エネルギー利用地域を探索する手法を開発し、省エネルギー効果と二酸化炭素排出削減量の推計を行った。

[キーワード] ごみ発電、下水、河川水、温度差エネルギー、地域熱供給

1. 序

都市では、多種多様な社会経済活動が営まれ、かつ高密度に集積しており、都市活動を支えるために外部から大量のエネルギーと資源が投入され、循環、代謝ののち廃棄されている。この膨大なエネルギーと資源のフローに起因する影響は多岐にわたり、地球温暖化への影響も大きい。

また、都市における建築や市街の構造特性が微気象に影響を与え、都市の高温化を加速し、都市内におけるエネルギー効率の悪化や大気汚染を誘発することは良く知られているが、その研究は定性的な現象把握にとどまっている。世界的な人口集中と都市化傾向が加速していることを鑑みるにその対応は緊急課題である。

2. 研究目的

実際に地球温暖化防止対策を実施するに当たっては、未利用エネルギーが省エネにどの程度貢献できるかを明らかにして、他の温暖化対策との優先順位を決定することが必要である。すでに全国規模での未利用エネルギーの存在量については計算が行われている^{1) 2)}。しかし、これら未利用エネルギー存在量は省エネ可能量そのものではない。なぜなら実際に取り出して利用できる未利用エネルギー量は、技術的な限界や環境への影響による制約条件によって制限される。また利用できた未利用エネルギーは、そのまま供給されるわけではない。未利用エネルギー供給設備への中間投入エネルギーに対する供給エネルギーの比を設備効率と定義すると、設備効率は、熱源水温度などに影響される冷・温水発生装置のエネルギー効率 (COP) や、配管での熱損失などで決定される。この設備効率によっても未利用エネルギー利用によって供給されるエネルギー量は左右される。また省エネ効果を求めるには、未利用エネルギーを利用しない通常の設備と未利用エネルギーシステムを比較しなければならない。これらの点については地域を限った検討^{3) 7)}がすでに行われているが、全国レベルでの研究は行なわれておらず、未利用エネルギーの存在量の試算があるのみである。このように全国における未利用エネルギー利用の可能性についてはいまだ不明な点が多い。

本研究では制約条件、設備効率および通常のシステムを考慮して全国の未利用エネルギー利用による省エネ効果のポテンシャルを明らかにすることで、より現実的な未利用エネルギー利用の評価を試みた。また実際に利用されている未利用エネルギー量の推定も行なった。

また、より正確な未利用エネルギーの評価のためには、未利用エネルギー存在地点と需要家地域の距離、未利用エネルギー利用による供給量、需要量および需要の時間的変化を入力条件として、未利用エネルギーの省エネ効果の推定やエネルギーおよびCO₂に関するLCA (LCエネルギー、LCCO₂) を実施することが必要となる。

本研究ではこれらの要件を満たし、未利用エネルギーのより正確なポテンシャルを推定する手法を開発し、西新宿高層街区域と光が丘住宅域に適用した結果を報告する。広域での詳細な未利用エネルギーのポテンシャル計算の第一歩として、ここでは街区規模の地域を適用対象とした。

さらに東京都23区全域を対象に、GIS データを駆使し、熱・エネルギー需要を推定すると同時に未利用エネルギーの分布を推定し、両者から上記手法を応用して最適な未利用エネルギー利用地域を探索する手法を開発し、省エネルギー効果と二酸化炭素排出削減量の推計を行った。

3. 方法

(1) 調査した未利用エネルギー

ここで取り上げた未利用エネルギーは、河川水、下水、ごみ焼却場、地下鉄からもたらされるものであった。河川水と下水については、熱交換によりエネルギーを得るもので、いわゆる温度差エネルギーであった。ごみ焼却場については、一般ごみを燃焼して得られる熱を利用するもの

で、いわゆる廃熱であった。この廃熱は冷暖房だけでなく発電に使うことも考えた。地下鉄については、電車車両からの発熱、人体発熱、駅構内での照明発熱を対象とした。

(2) 全国未利用エネルギー算定手順

図1に未利用エネルギー利用による省エネ効率の計算フローを示した。基本的な考え方は朴による用語の整理⁸⁾に従った。まず河川流量、水温などの基礎データと技術面、環境面の制約条件から利用可能な未利用エネルギー量を求めた。次にプラントのエネルギー効率(COP)や配管での熱損失などを考慮して、未利用エネルギー利用による供給可能なエネルギー量を見積もった。この供給ポテンシャルの計算には、未利用エネルギー以外の中間投入エネルギーが含まれるので、暖房時には供給ポテンシャルが未利用エネルギー利用量より大きくなることもあり得る。さらに、同量のエネルギーを未利用エネルギーを利用しない通常の場合で供給した場合に必要なエネルギーを求め、これとすでに求めた未利用エネルギー利用システムの値を比較して未利用エネルギー利用による省エネ量を明らかにした。

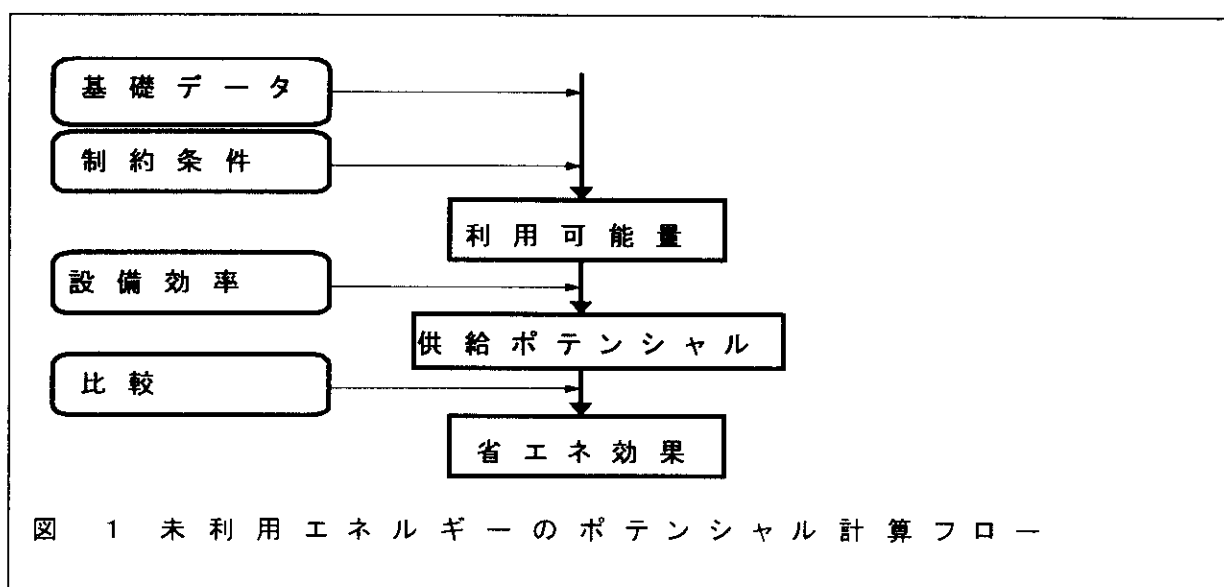


図 1 未利用エネルギーのポテンシャル計算フロー

(3) 全国未利用エネルギー基礎データ

冷熱供給期間は7-8月、温熱供給期間は11-3月とした。これらの期間は本来、地方によって異なるが、ここでは既存の調査⁹⁾から最短の期間、すなわち冷房については秋田県、暖房については鹿児島県の値を用いた。したがってここでの未利用エネルギーの評価はきつめである。

河川水については全国一級河川を対象とし、下流地点での日平均流量の月別最小値を利用するとした。河川水温度は月別平均値を用いた。値は1995年のものを用いた¹⁰⁾。

下水の流量は月別の晴天日総下水流量¹¹⁾とした。これは雨水を除くためであった。下水処理水温度は処理場別の年平均放流水温¹¹⁾に対して横浜市処理場の値¹²⁾から求めた月別係数を乗じて各月の水温を求めた。横浜市処理場の月別係数は札幌市、大阪市、福岡市の値とほぼ等しかったので、これを全国の代表値とした。処理場ごとに計算した値を都道府県別に合算した。

ごみ焼却場については一般ごみの都道府県別の焼却量¹³⁾を用い、ごみの低位発熱量を

2000kcal/kg とした。

地下鉄については地下鉄各社の運転用電力消費量から全エネルギーが廃熱に変わると仮定して車両発熱を求めた。人体発熱と駅構内での照明発熱は、札幌地下鉄のエネルギー収支¹¹⁾より、あわせて車両発熱と等しいとした。

(4) 全国未利用エネルギー制約条件

河川と下水の利用温度差は5℃とした。すなわち取り入れた水はその水温を5℃上昇、または下降させられて戻されるとした。現状の熱交換システムの技術レベルから温度差をこのように設定した。

河川水については、生態系への影響を考慮して、河川の全流量の水温に与える影響を1℃以内とした。実際に河川水の熱を利用する際には、その影響をアセスメントすることが必要である¹⁴⁾が、許容される水温変化についての基準は作られていない。したがってここでの制約条件は暫定的なものである。具体的には日平均流量の月別最小値の5分の一を利用することで対応した。利用温度差、すなわち熱源媒体出入り口の温度差は5℃であるから、利用水量を河川流量の5分の一以内とすることで、河川水の平均水温に与える変化は最大1℃となると考えた⁸⁾。熱媒体出口では水温の変化は1℃を超えることになるが、局所的な影響についてはここでは無視した。

ごみ焼却場の廃熱については、ボイラーの熱回収効率を0.8とし³⁾、発電に利用する際の発電効率を15%とした。つまり熱供給と発電の両方を行なう際には、ごみ廃熱の15%が電力として、65%が熱として利用されるとした。発電効率は処理能力300t/day以上の比較的大型の焼却場を想定して設定した。

(4) 全国未利用エネルギー設備効率

設備全体としての効率は、個々の冷・温水発生装置の効率だけでなく、冷・温水の送水などにかかるエネルギーや配管での熱損失率によって決まる。未利用エネルギーは、地域冷暖房システムにより利用されるとし、冷・温水の送水などに必要なエネルギーを考慮して、既存の調査¹⁵⁾から冷・温水発生装置のCOPの0.85倍がプラントのCOPとした。プラントから需要家へ冷熱を供給する際の配管での熱損失率は0.0365、温熱の供給時は0.0805とした。これは東京都の年間販売熱量上位5つの地域冷暖房プラント¹⁵⁾における実測値の平均値とした。

温熱供給の熱輸送媒体には蒸気と温水があるが、これらの5プラントは、蒸気を熱輸送媒体に用いていた。年間販売熱量が下位であった温水を用いている他のプラントの熱損失率はこれら5プラントの熱損失率の範囲内にあったので、熱輸送媒体の違いによる熱損失率の差はここでは考慮しなかった。

各プラントにおける配管での熱損失率の値は、冷熱の場合約0.02から0.06、温熱の場合約0.02から0.16とばらついていて、これは配管の長さや太さ、供給水温などの相違によるものと考えられる。例えばこれら5プラントの配管の総延長は片道約1000mから2000m、管径は約300mmから1500mmと様々であった。これらの条件をあらかじめ設定できれば、より正確な未利用エネルギーによるエネルギー供給量の見積もりが可能である。しかし本研究の目的が全国レベルの見積もりであって地域の需要側の詳細な条件を設定することに意味はないので、ここでは現実的な値として上記の値を用いた。

冷・温水発生装置については、河川水と下水では蒸気圧縮式水熱源電動ヒートポンプを用いると仮定し、熱源水の水温に基づき下田³⁾の手法により、そのCOPを算出した。この手法では熱

源媒体の種類（空気／水）、熱源温度およびヒートポンプ容量からヒートポンプの COP を求めることができる。ごみ焼却場については温水供給には廃熱ボイラで回収した熱を直接利用するとした。冷水供給には蒸気吸収式冷凍機を用いるとしその COP を 0.70³⁾ とした。ただし発電も同時に行なう場合には、ボイラーから得られる温水の水温は冷水発生器を作動させるには低いと仮定し、冷房期には熱利用はないとした。

地下鉄については、利用可能量が河川、下水、ごみ焼却場の未利用エネルギー利用可能量の合計に比べて 2%程度であったので、これ以降の検討から除外した。

なおここでは、需要側には冷房時には 7℃の冷水、暖房時には 47℃の温水を供給すると仮定して計算をおこなった。これらの温度は、冷温水を利用する地域冷暖房システムの一般的温度帯に基づいた。

(5) 全国未利用エネルギーと比較した通常のシステム

未利用エネルギー利用による省エネ効果を推定するには、比較対照となる通常のシステムを設定する必要がある。ここでは個別空調を考慮して、空気熱源ヒートポンプ (case 1) と冷房時に吸収式冷温水発生機、暖房時にボイラー (case 2) を使う 2通りのシステムを比較対象として選択した。空気熱源ヒートポンプはエネルギー効率 (COP) が高く、最近普及してきている¹⁶⁾ ので、現実のシステムの COP は case 1 と case 2 の間にあると考えられた。空気熱源ヒートポンプの COP は下田³⁾ の手法を用い都道府県別の月別平均気温¹⁷⁾ を考慮して求めた。吸収式冷温水発生機とボイラーの COP (それぞれ 1.0 と 0.85) は NEDO のデータ¹⁸⁾ を用いた。

ごみ焼却場における発電は石油火力発電と比較した。したがってごみによる発電量を一次エネルギーに換算エネしたものが省エネ効果とみなされた。

(6) 全国未利用エネルギー利用量

現在すでにいくつかの地域冷暖房において未利用エネルギーが利用されている^{18, 19)}。これらの需要家延べ床面積を業務系地区と住宅系地区に分け、業務系地区には小規模事務所の年間熱負荷原単位²⁰⁾ を、住宅系地区には集合住宅の原単位²¹⁾ をかけて年間熱需要を求めた。続いて年間熱需要に対する未利用エネルギー利用による充足率²²⁾ をかけて現在利用されている未利用エネルギー利用によるエネルギー供給量を推定した。未利用エネルギー利用による充足率が不明の地域冷暖房地域については充足率を 100%とした。ごみ発電については焼却量の 49%が発電に利用され²³⁾、発電効率を 6%と仮定して現在の発電量を推定した。

(7) 詳細解析対象街区

ここでは典型的な業務地区として東京都の西新宿高層街区域 (以下、新宿区域) と居住地区として練馬区光が丘住宅域 (以下、光が丘区域) を取り上げた。総理府統計局の標準緯度経度メッシュ体系の第 3 次地域メッシュで地域を選定し、新宿区域は 1 つのメッシュ、光が丘区域は 4 つのメッシュの範囲とした。

平成 8 年度版東京都土地利用現況調査 GIS データに基づいて、上記メッシュ内の建物用途別床面積を求めた。新宿区域では事務所系建築物 (官公庁施設を含む) が全床面積の 60%以上を占めるのに対し、光が丘区域では住宅系建築物が約 70%に達し、両地区は対照的な建物用途構成を示した。

建物用途別床面積に冷暖房熱負荷原単位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。冷暖房熱負荷原単位は既存の調査^{20, 21, 24)} の値を採用した。さらに月別と時刻別の変動係数

20,25,26) を用いて熱需要の時間変動および最大値を求めた。

(8) 詳細解析対象街区未利用エネルギーの利用可能量

対象街区の周囲3kmの範囲に未利用エネルギー利用に適した河川はなかったため、仮想的に多摩川が対象街区の近傍を流れていると仮定して、以下の手順を進めた。河川については冷房期(5-10月)と暖房期(12-3月)それぞれの期間における河川流量の最小値を利用可能な水量とした。水量および水温は建設省のデータ^{10,27)}を用いた。また建物用途別床面積に下水およびごみの排出原単位を掛けることで地域内で発生する下水流量とごみの量を求めた。排出原単位には既存の調査²⁸⁾の値を採用した。なお下水およびごみの量には、地域外とのやりとりを考慮して任意の値を与えることも可能である。下水の水温には横浜市処理場の値を用いた¹²⁾。ごみの低位発熱量を2000kcal/kgとした。

利用可能量を決定する制約条件は、以下のようにした。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。ごみ焼却場については、ボイラーの熱回収効率を0.7とした²⁹⁾。

(9) 詳細解析対象街区エネルギー最大供給量の計算

未利用エネルギー利用可能量を全量利用した際のエネルギー最大供給量を以下のように推計した。

ごみ焼却場について、その未利用エネルギー利用可能量およびごみ焼却場と需要家地域間の距離を入力変数とする理論式を既存の式^{29, 30)}を組み合わせることで構築した。この式を用いてごみ焼却場と需要家地域間の熱媒体搬送過程での熱損失および圧力損失を加味した冷温熱供給量および発電量を求めた。ごみ焼却場に設置される発電用タービンとして背圧タービンおよび復水タービンの二つの場合を想定した。発電用タービンから冷温水発生装置までは蒸気が搬送され、冷温水発生装置から需要家までは冷温水が搬送される。蒸気搬送と冷温水搬送のエネルギー損失の大小により、エネルギー供給量を最大にする上で冷温水発生装置をごみ焼却場と需要家地域のいずれに設置すべきかが決まる。それゆえ冷温水発生装置はごみ焼却場に設置される場合と需要家地域に設置される場合の二つを考えた。ただし復水タービンの場合は構造上、蒸気搬送ができないので、温水発生装置をごみ焼却場に設置した場合のみを計算した。

河川と下水についても、その利用可能量および熱源水地点と需要家地域間の距離を入力変数とする理論式を既存の式^{29, 30)}を組み合わせることで構築し、これを用いて熱媒体搬送過程での熱損失および圧力損失を加味した冷温熱供給量を求めた。冷温水発生装置は、ごみ焼却場とは異なり熱源水地点と需要家地域間の任意の地点に置くことができる。それゆえ冷温水発生装置は熱源水地点に設置される場合と需要家地域に設置される場合および中間地点に設置される場合の三つを考えた。

(10) 詳細解析対象街区設備容量の調整

冷暖、暖房の各ピーク月、すなわち8月と2月について、一日当たりの熱需要と計算された熱最大供給量を比較した。熱需要が最大供給量以上ある場合には、設備容量は計算されたものをそのまま採用した。熱需要が最大供給量を下回った場合は、設備容量を熱供給量が熱需要に一致するように小さくした。この場合、未利用エネルギー利用可能量の一部を利用しないことになる。

(11) 詳細解析対象街区蓄熱

上で設定された設備容量で、各月の一日あたりの供給可能熱量を算出し、これと日需要を比較した。両者のうち、小さい方を未利用エネルギー利用システムからの供給熱量とした。日需要が供給可能量より小さい場合は未利用エネルギー利用可能量の一部を利用しないことになる。システムは 24 時間連続運転するとした。次に需要の日内変化を考慮して、需要が供給熱量を下回ったときには、両者の差を蓄熱するとした。日内総蓄熱量に熱損失率をかけて熱損失量を算出した。熱損失率は冷熱に対し 0.050、温熱に対し 0.100 とした³¹⁾。この熱損失分を供給熱量に上乘せして最終的な供給熱量とした。

(12) 詳細解析対象街区従来システム

未利用エネルギー利用による省エネ効果を推定するには、比較すべき対照システムを設定する必要がある。未利用エネルギーの評価においては、空調熱源機器で構成されるシステムと電力のみを使用する地域冷暖房システムを比較対象とした。前者は空調熱源機器の近年における実際の導入傾向^{16)、32)}から決定し、各機器の COP は既存の調査資料³⁰⁾に基づいた。ただしこれらの COP はカタログ値であって実際の運転条件下では効率はこれらより落ちるはずであるので、COP が三分の二とした計算も行なった。表 2 の COP を用いた場合を case A とし、三分の二の COP の場合を case B とすると、現実のシステムは case A と case B の間にあると推測される。地域冷暖房システムについては東京に実在する電力利用システムの実績値から COP として 0.81 を用いた¹⁵⁾。

(13) 詳細解析対象街区 LCA

LC エネルギーおよび LCCO₂ 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なう施設とした。ごみ焼却場はボイラー、発電機も共に範囲外とし、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。建設段階の計算には一ノ瀬³³⁾の原単位を用いた。この原単位は熱供給設備については冷熱源設備容量当たりの値であり、導管に関しては長さ当たりの値である。

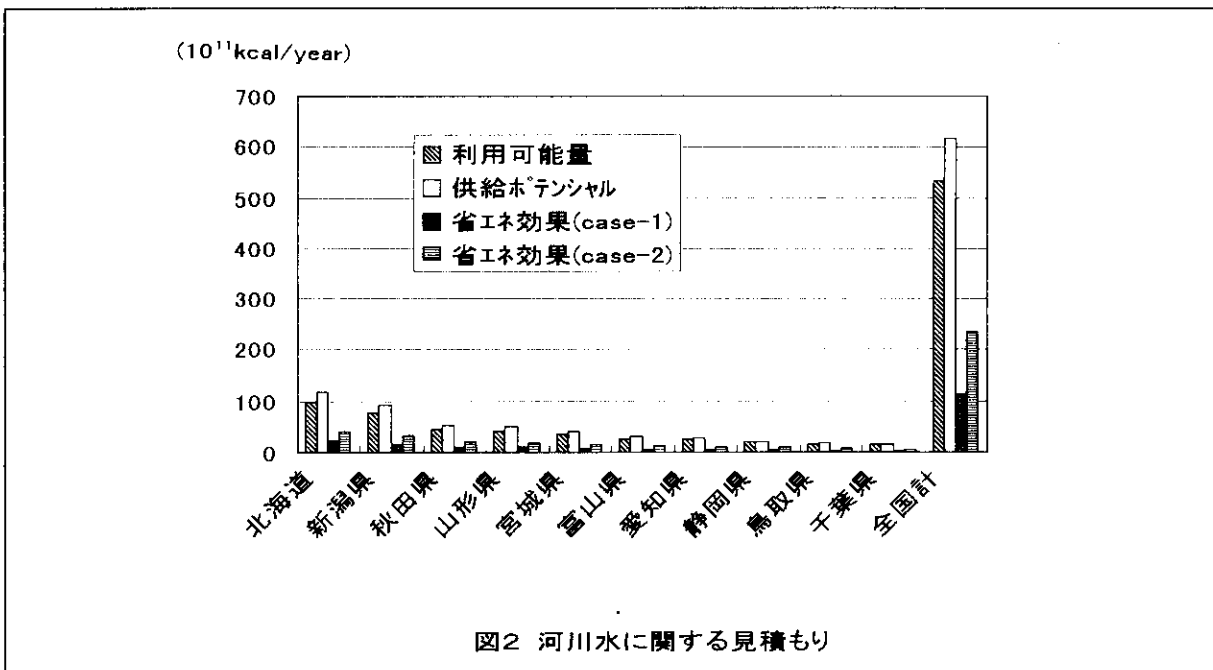


図2 河川水に関する見積もり

4. 結果

(1) 全国未利用エネルギー

図2に case-1 における省エネ効果の高かった上位 10 都道府県および全国の河川水についての見積もり結果を示した。上位には、当然ながら流量の多い河川の河口が存在する都道府県が集まった。利用可能量、供給ポテンシャル、case-1 の省エネ効果および case-2 の省エネ効果のいずれも、これら上位 10 都道府県で全国の値の 70%以上を占めた。

図3に同様に下水についての見積もり結果を示した。河川水と異なり都市部の都道府県が上位を占めた。下水量が人口、下水道普及率、一人あたりの下水水量によるため、これらの高い地域が選ばれたと考えられた。これら 10 都道府県で、河川水と同じく、利用可能量、供給ポテンシャル、case-1 の省エネ効果および case-2 の省エネ効果のいずれにおいても、全国の値の 70%以上を占めた。

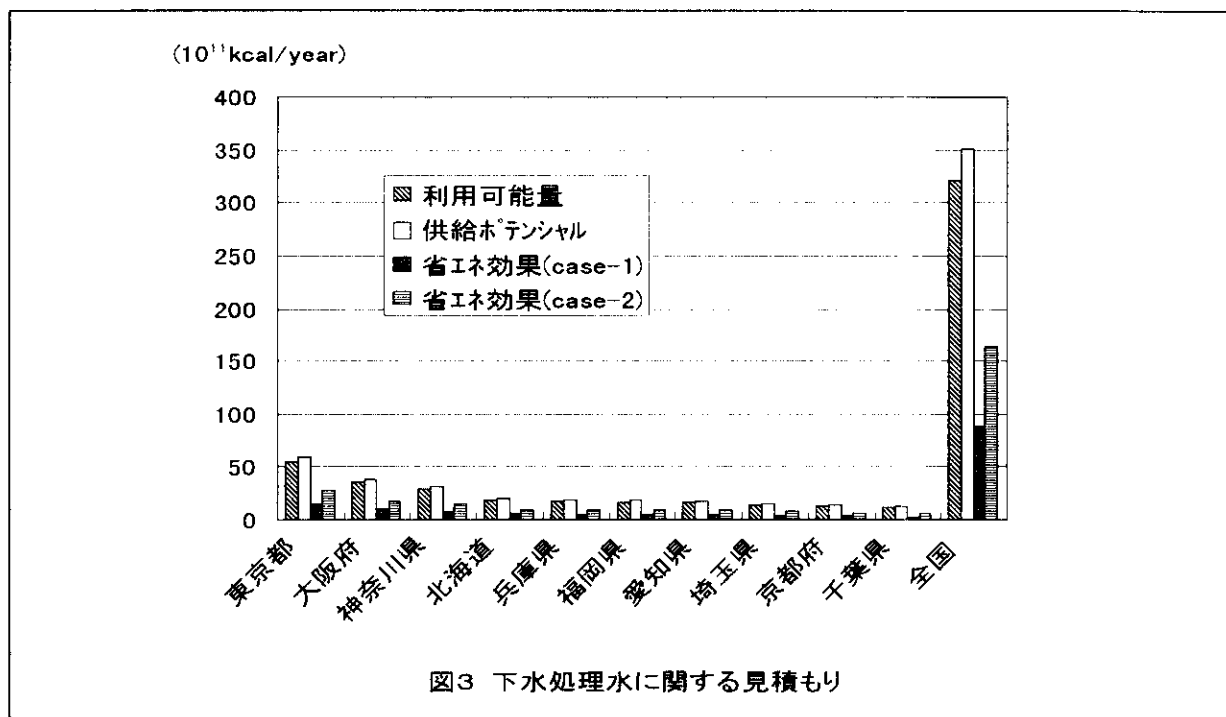


図3 下水処理水に関する見積もり

図4に熱供給のみ、図5に熱と電力の両方を供給する場合のごみ焼却場廃熱利用についての結果を示した。利用可能量と供給ポテンシャルにおいては、わずかに熱電併給が熱供給のみより大きかった。熱供給が冷暖房時期に限られるのに対して、発電が通年可能であるために熱電併給が有利になったと考えられる。省エネ効果は熱電併給が熱供給のみに比べ 1.5 倍以上あった。これは発電所の発電効率が冷暖房設備の COP に比べ低いため、ごみによる発電代替効果が高く計算されたからである。これ以降はごみ焼却場については熱電併給を採用した。上位 10 都道府県は、京都府が抜けて静岡県が入った以外は下水の場合と同じであり、都市部の都道府県における省エネ効果が高いことが示された。ごみについては、人口と一人あたりのごみ排出量とともにごみの分別の差、すなわち燃やせるごみの分類が関係すると考えられた。ごみ焼却場については上位 10 都道府県が、各項目で全国の約 60%を占めた。

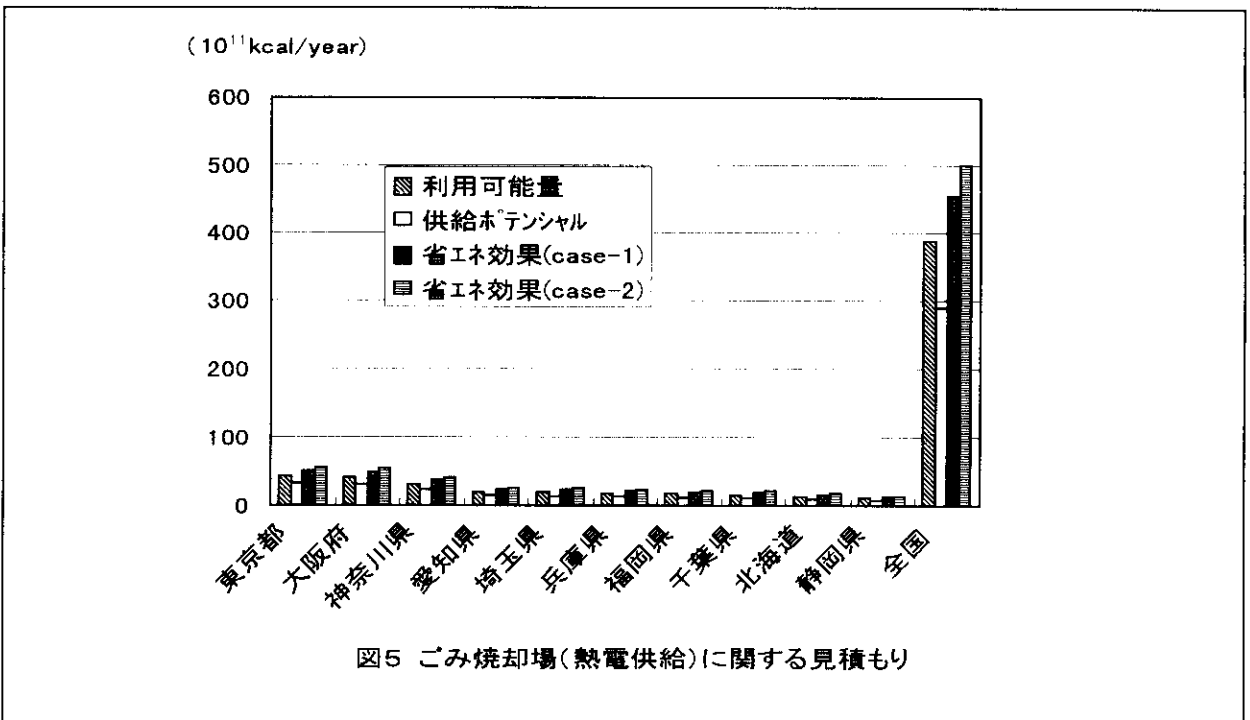
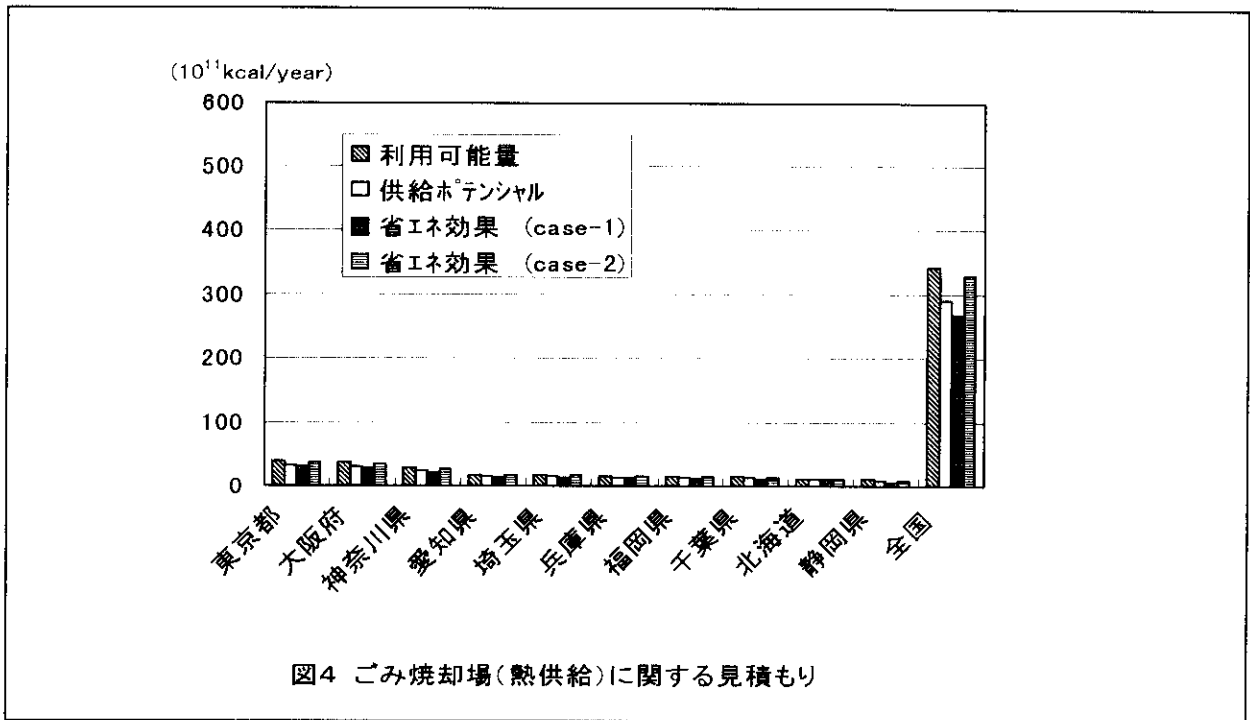


図6に地下鉄廃熱の利用可能量を他の未利用エネルギーと比較して示した。地下鉄の利用可能量は他に比べて少なく、未利用エネルギー全体の2%に満たなかったため、供給ポテンシャルなど次の段階の計算は行なわなかった。

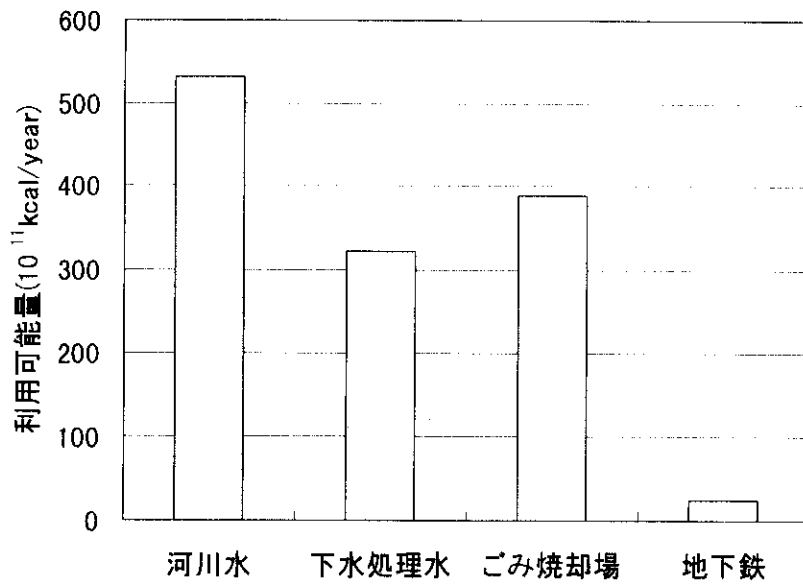


図6 利用可能量の比較

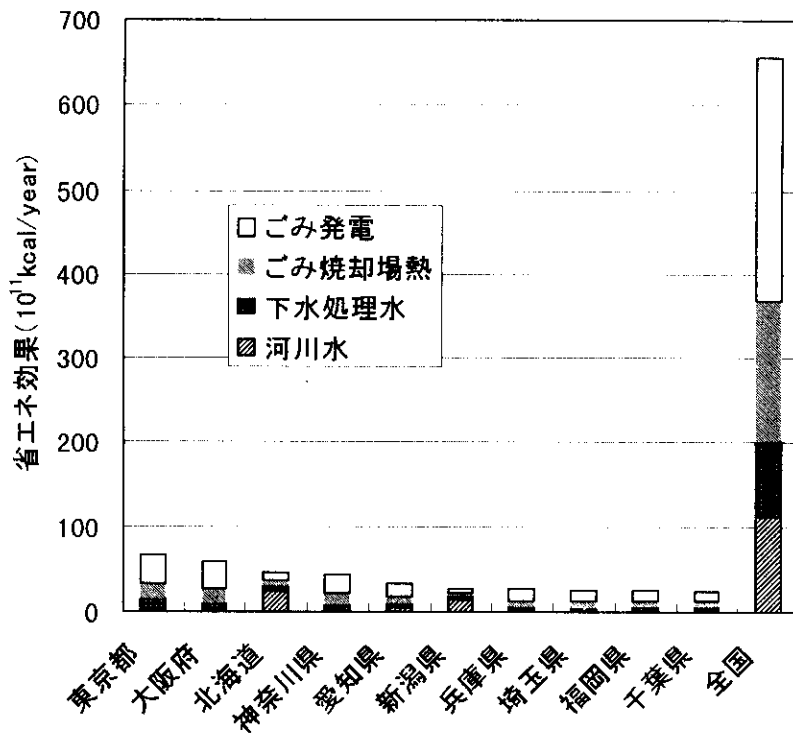


図7 未利用エネルギーによる省エネ効果(case-1)

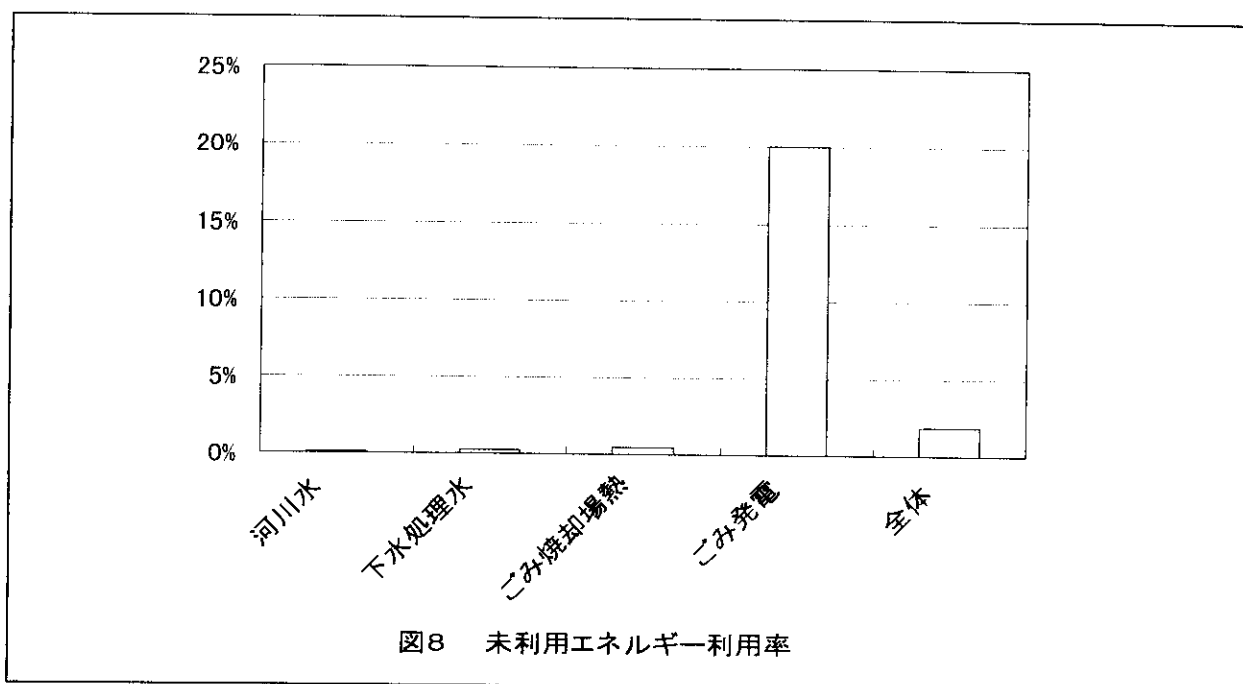
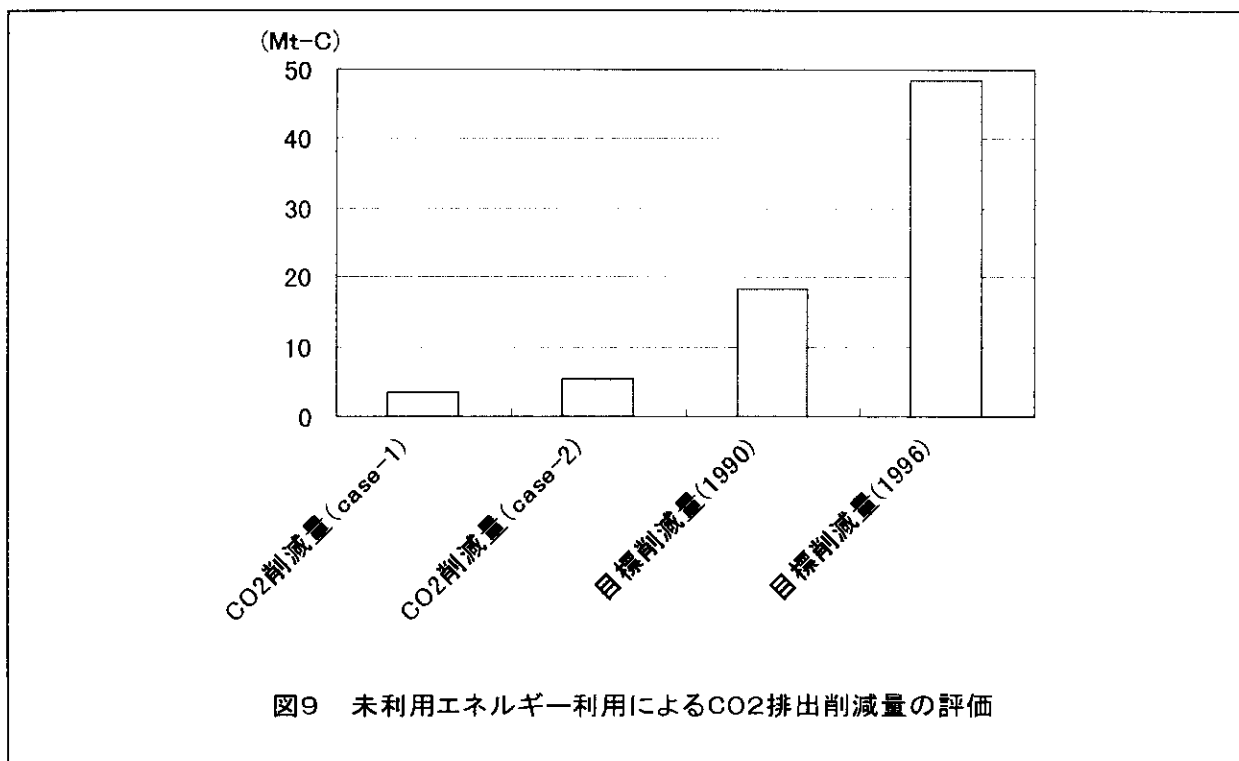


図7に、河川、下水およびごみ焼却場を合わせた未利用エネルギー利用による省エネ効果 (case-1) を示した。ごみ焼却場による発電と熱供給を合わせると、全国の省エネ効果の69%を占めた。上位10都道府県には、下水処理水およびごみ焼却場による省エネ効果の高かった東京都、大阪府など都市部が多く入った。北海道は河川、下水およびごみ焼却場のすべてで上位10位に入っていたが、総合では4位に終わった。河川水で2位であった新潟が7位になった。北海道と新潟では河川水が約半分を占めた。これら上位10都道府県で全国の省エネ効果 (case-1) の58%を占めた。

図8に未利用エネルギーの供給ポテンシャルに対する実際の未利用エネルギー利用によるエネルギー供給量の比率を示した。ごみ発電が20%と比較的多く利用されているが、他の未利用エネルギー利用は極めて小さく、未利用エネルギー全体の利用率は2%に満たなかった。未利用エネルギー利用の余地は非常に大きいといえる。

未利用エネルギーによる省エネ効果を、電気、都市ガスなど削減されるエネルギー源にさかのぼって、CO₂排出係数²⁴⁾をかけることで、未利用エネルギー利用によるCO₂排出削減量を推定した。電気については発電用に消費された化石燃料と総発電量²⁵⁾からCO₂排出係数を算出した。結果を図9に示した。1997年12月に京都で開催された気候変動枠組条約第3回締約国会議において、日本のCO₂排出削減目標は1990年レベルの6%と決められた。1990年以降も日本のCO₂排出量は増加しているため削減すべきCO₂排出量は1996年で約50Mt-Cに達している²⁶⁾。1996年における削減目標に対しては、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10%程度と見積もられた。仮に何らかの方法で1990年レベルにCO₂排出量が減らせたとして、さらに未利用エネルギー利用によってCO₂排出量を削減するとすると、そのポテンシャルは25%程度となった。



(2) 詳細解析対象街区

図 10 に新宿地区の暖房期における未利用エネルギー利用システムによる CO2 削減効果を示した。これは熱源と需要家地域間の距離、設備容量の調整および蓄熱を考慮したものである。ごみ焼却場は、従来型地域冷暖房に比べて、熱源と需要家地域間の距離が 1500m の場合でも CO2 削減効果が見られたが、河川では 500m、下水では 250m を超えると効果は失われた。

図 11 に新宿地区における河川水システムの LC CO2 の結果を示した。従来型地域冷暖房の CO2 排出量に対し、熱源と需要家地域間の距離 250m のシステムが運用開始から 10 年でペイバックした。河川水システムの耐用年数を 20 年とすると、それ以内でペイバックできるのは、距離 250 m のシステムのみであり、LC CO2 の観点から採用の価値のあるのは、比較的短距離のシステムに限ら限られることが明らかとなった。

東京都 23 区部について、500m 四方のメッシュ単位で熱需要および未利用エネルギー利用可能量のデータベースを作成し、上記手法を応用して未利用エネルギー利用の省エネ効果を推定したところ、未利用エネルギー利用可能地点の近傍の熱需要が必ずしも十分でなく、清掃工場などの配置が未利用エネルギーの効果的利用に重要であった。

5. まとめ

未利用エネルギーについて、河川水量などの基礎データと環境面などの制約条件から利用可能量を、配管での熱損失率などの設備効率を考慮して供給ポテンシャルを、通常システムと比較して省エネ効果を求めた。その結果以下のことが明らかになった。

未利用エネルギーは都道府県によって存在量が大きくことなり、偏在していた。下水とごみ焼

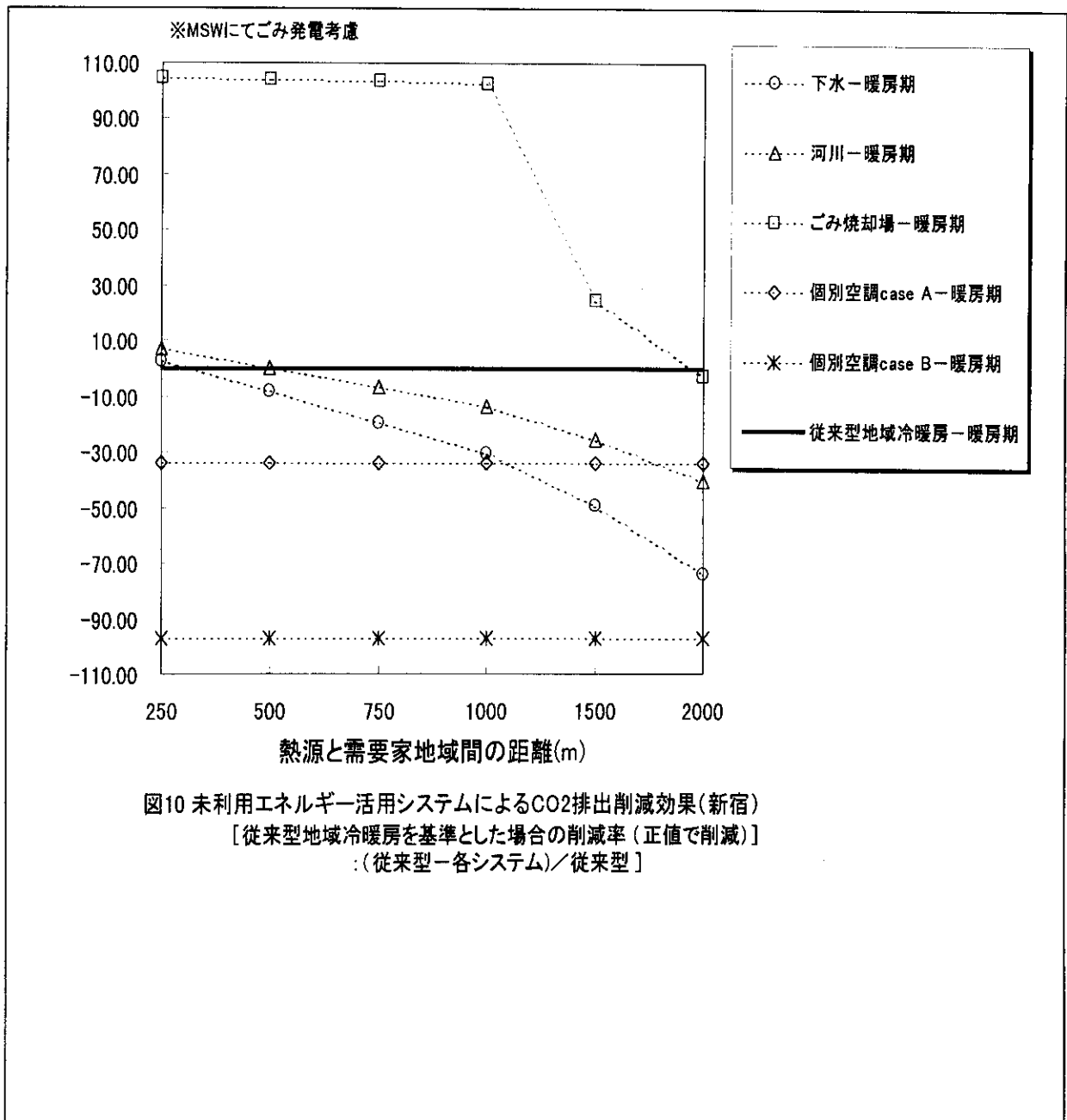
却場による未利用エネルギーは都市部に多く存在した。

全国の未利用エネルギーによる省エネ効果の内、ごみ焼却場が 69%を占めた。

全国の未利用エネルギー利用による CO₂ 排出削減量は 1996 年における削減目標に対して 10% 程度と見積もられ、未利用エネルギーの効果は大きいと考えられた。

未利用エネルギー存在地点と需要家地域の距離、需要量および需要の時間的変化を考慮した未利用エネルギーのより正確なポテンシャルを推定する手法を開発し、西新宿高層街区域と光が丘住宅域に適用した。

省エネ効果は、未利用エネルギー存在地点と需要家地域間の距離に大きく依存し、河川と下水のシステムでは効果が見られるのは距離が短い場合に限られた。



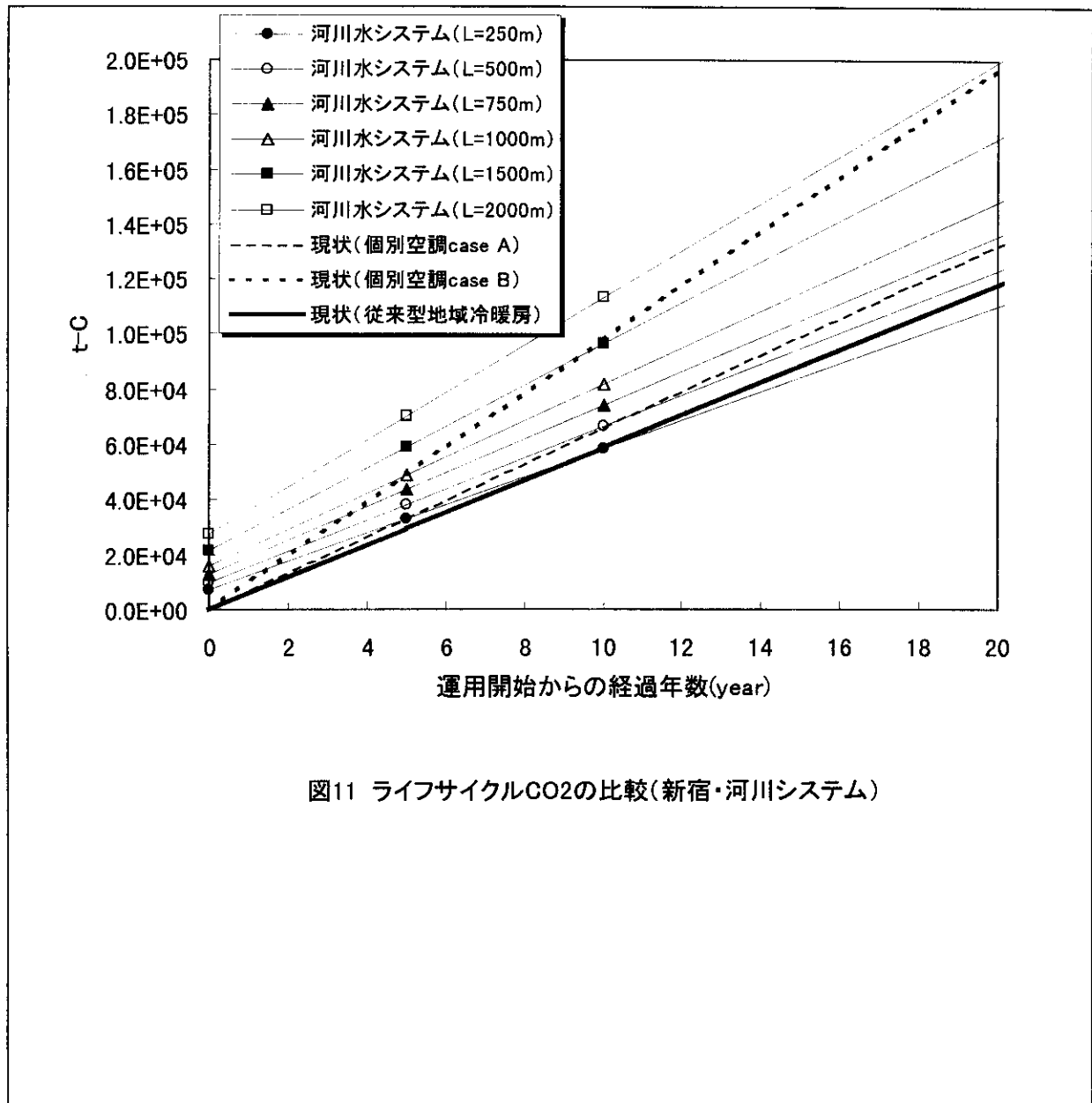


図11 ライフサイクルCO2の比較(新宿・河川システム)

6. 参考文献

- 1) NEF: 最新 未利用エネルギー活用マニュアル (1992)
- 2) NEDO: 未利用エネルギー活用ガイドブック (1998)
- 3) 下田他: 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 大阪市における各熱源の利用可能量と熱需要に関する調査と分析, 空気調和・衛生工学会論文集, No.61(1996)
- 4) 下田他: 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 未利用熱源水供給ネットワークの省エネルギーポテンシャル, 空気調和・衛生工学会論文集 No.67 (1997)

- 5) 坂本他：名古屋市域における未利用エネルギーの活用による省エネルギー効果の推計と評価第1報 エネルギー需要と未利用エネルギー賦存量, 空気調和・衛生工学会論文集 No.5 (1995)
- 6) 坂本他：名古屋市域における未利用エネルギーの活用による省エネルギー効果の推計と評価第2報 省エネルギー効果の推計と評価, 空気調和・衛生工学会論文集 No.58 (1995)
- 7) 成田他：札幌市における低温都市廃熱の利用に関する研究, 空気調和・衛生工学会論文集, No.59 (1995)
- 8) 朴炳植：未利用エネルギーの種類と特質, 賦存量とその省エネルギー効果, エネルギー・資源, Vol.13, No.2 (1992)
- 9) 省エネルギーハンドブック '93
 - 10) 建設省：流量年表, 1995
 - 11) 下水道統計 (行政編)
 - 12) 横浜市：水質試験年報
 - 13) 廃棄物年鑑 (1997)
 - 14) 建設省：河川水熱エネルギー利用に係る河川影響検討指針 (案), 建河計発12号、平成7年2月15日 (1995)
 - 15) 日本環境技研：環境保全型地域暖冷房推進調査報告書 (1992)
 - 16) 亀谷他：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, pp.13-21 (1997)
 - 17) 理科年表 (1996)
 - 18) NEDO：未利用エネルギーに関するデータ集作成調査 (1997)
 - 19) 日本熱供給事業協会：未利用エネルギー活用地域熱供給 (1997)
 - 20) 東京都：地域暖冷房に関する指導要綱 (1991)
 - 21) 空気調和・衛生工学会：CGS 設計法に関する研究 (1994)
 - 22) 熱供給 (Vol.28, 1997)、(Vol.30, 1998) (Vol.32, 1998)
 - 23) 石川禎昭：ごみ焼却排熱の有効利用 ～高効率ごみ発電と廃熱の高度利用～, 理工図書 (1996), 109
 - 24) 松尾他：東京大学工学部試験年報 (1995)
 - 25) 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)
 - 26) 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)
 - 27) 建設省：水質年表 (1995)
 - 28) 電源開発：「広域エネルギー利用ネットワークシステム開発 システム化技術・評価技術の研究」(平成7年度) (1995)
 - 29) 井上宇市訳：地域暖房, 丸善株式会社 (1988)
 - 30) 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)
 - 31) 日本地域冷暖房協会：地域冷暖房技術手引書, p108 (1997)
 - 32) 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)
 - 33) 一ノ瀬他：地理情報システムとライフサイクルアセスメントの結合による地域熱供給事業

の検討, 環境科学会誌 10 (1997)

[国際共同研究などの状況]

オランダのライデン大学の Environmental Sciences Center (Prof. Udo de Haes) とライフサイクルアセスメントに関する共同研究を行っている。これは当研究の核の一つである。

[研究成果の発表状況]

(1) 口頭発表

① Mori, Y., G. Hupes, H. A. Udo de Haes and S. Otoma: 7th annual meeting of SETAC-Europe, Society of Environmental Toxicology and Chemistry, April 6-10, Amsterdam (1997).

“Component manufacturing analysis: A simplified but reproducible and encompassing LCI method for the manufacturing stage”

② MORI Yasuhumi, OTOMA Suehiro: The third International Conference on EcoBalance, pp.579-582, Tsukuba(1998)

"CMA: a Simplified LCI Method for the Manufacturing Stage and its Application"

③ 森 保文・亀卦川 幸浩・乙間末廣・寺園 淳: エネルギー・資源学会第 18 回研究発表会(1999)

「全国及び東京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」

④ 森 保文・亀卦川 幸浩・乙間末廣: エネルギー・資源学会第 16 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス(2000),

「街区での未利用エネルギー利用による省エネ効果の推計手法」

(2) 論文発表

○①Otoma, S., Y. Mori, T. Aso and R. Sameshima: Resource, Conservation and Recycling 20, 95-117 (1997).

“Estimation of energy recovery and reduction of CO₂ emissions in municipal solid waste power generation”

○②乙間末広、森 保文、麻生知宣、鮫島良二: 廃棄物学会論文誌別冊、8,7,335-341 (1997).

「高効率化ごみ発電におけるエネルギー回収とCO₂排出量削減効果の推定」

○③乙間末広・森 保文: エネルギー・資源 19(3), pp. 81-86 (1998)

「飲料用自動販売機のエネルギー消費量と二酸化炭素排出量及びその対策に関する評価」

○④森 保文・亀卦川 幸浩・乙間末廣・寺園 淳: エネルギー・資源 21(4) (2000)

「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」 (印刷中)

(3) 出願特許、受賞等

なし