

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～

Evaluation of the reduction of CO₂ emission by installing co-generation system (CGS)
and district heating and cooling (DHC) ~ A case study of Tokyo 23 Wards ~

並木 貴司¹ 荒巻 俊也² 花木 啓祐¹
Takashi Namiki Toshiya Aramaki Keisuke Hanaki

ABSTRACT : The potential of reducing CO₂ emissions by implementing District Heating and Cooling system (DHC) and Co-generation System (CGS) were investigated in Tokyo 23 Wards area. First the area was divided into elements (250m×250m) . Then in each unit the most suitable energy supply system was investigated. DHC was implemented in 25 elements around the solid waste incineration plants, and for implementing CGS three cases were assumed, changing CGS instruments or which fuel source for electricity is to be substituted. As a result, total annual reduction of CO₂ emission could be over 20% in implementing gas-engine (GE) and substituting for thermal power generation. In this case the amount of reduced CO₂ was about 16 Mt-CO₂, and 95% of it was depended on CGS. In other two cases CO₂ reduction that depends on CGS was much smaller, especially in the case of implementing gas-fired combustion turbine (GT).

Keywords : CO₂ emission, district heating and cooling (DHC), co-generation system (CGS), geographic information system (GIS), CGS instrument

1. はじめに

現在、京都議定書の批准をめぐり、各国間での調整が続いているが、これが正式に発効されれば、わが国は2008～2012年の5年平均で、1990年の排出量を基準として6%の温室効果ガス排出削減目標を課せられることになる。しかし、わが国から発生する温室効果ガスの9割以上を占めるCO₂の排出量は、90年以降も単調増加ではないものの、全体的には増加の傾向にある。また、CO₂排出源の上位3部門である産業部門・運輸部門・民生部門のうち、産業部門がほぼ横ばいで推移しているのに対して、運輸・民生の両部門は近年増加しているのが目立ち、地球温暖化防止の観点からも、これらの部門における削減努力を行っていく必要がある。

民生部門においては、太陽光エネルギー等の自然エネルギーや都市内に存在する未利用エネルギー源（清掃工場排熱、下水処理排熱など）の利用、またコジェネレーションシステム（以下、CGS）の導入による省エネ効果やCO₂排出量の削減効果について、地区レベルでの評価や、システム別評価に関する研究が行われてきた^{1),2),3),4),5)}。しかし、都市レベルでのシステム・技術の導入によるCO₂排出量の削減可能性を考えていくためには、都市全体を対象とした評価を行うことが欠かせないのも事実である。

荒巻らによれば、東京都区部を対象とした民生用エネルギー供給におけるCO₂排出量について、CGSと

¹ 東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻

² 東京大学先端科学技術研究センター

清掃工場排熱を利用した地域冷暖房システム（以下、DHC）の導入により、7.6%の削減を達成できる可能性が示されている⁶⁾。この研究では、DHC を優先的に導入し、残りの地区に対しては地理情報をもとに電力・熱負荷の特性を把握した上で、CGS 導入による CO₂ 排出量削減が見込める地区については CGS を導入し、DHC による削減効果と合わせて評価を行っている。

そこで、これらの研究結果を踏まえ、本研究では、東京都区部における民生用エネルギー供給に伴う CO₂ 排出について、DHC と CGS の導入による削減可能性の評価を行った。その際、複数の評価ケースを設定し、各ケースにおける CGS 導入可能地区の用途分布の特徴や、DHC と CGS それぞれによる削減効果などについて、都区部全体からの検討を行った。

2. 本研究における評価方法について

2.1 導入を考えるエネルギー供給システム

ここでは、本研究において導入を考えるエネルギー供給システムについて、その概要を述べる。

1) 従来型個別供給システム

電力は発電所で発電したものを電力会社が個別に供給し、熱は電力またはガス会社が供給する電力・ガスを需要側が個別に設置する熱源機で発生させるシステムである。本研究では、これを基準として考え、以降に述べる地域冷暖房、コージェネレーションシステムの導入による CO₂ 排出量削減効果を評価していく。

2) 地域冷暖房システム (DHC)

電力は従来通り発電所で発電したものを個別に供給するが、熱は 1 箇所または数箇所のプラントにガスを送り、そこに設置した熱源機で冷水・温水または蒸気を発生させ、配管を通じて各需要単位に供給するシステムである。熱負荷の平準化や機器の一括管理による熱源機器の高効率運転で省エネルギー効果が得られる。ここではプラントの熱源として都市の清掃工場排熱を用いるシステムを想定しており、さらに省エネルギー効果が高くなるものと考えられる。

3) コージェネレーションシステム (CGS)

発電機によって発電を行い、その電力を供給すると同時に、発電機の排熱を回収して利用するシステムである。天然ガスを用いての発電であるゆえ、一般の火力発電（石油、石炭、天然ガスを併用）に比べて電力あたりの CO₂ 発生量が少ない上、排熱の利用を含めると総合効率は 70～80% にも達する。このシステムの総合効率を高めるため、導入によって CO₂ 削減効果を得るためには、地区において相応の電力・熱負荷が必要になる。

2.2 地区特性の把握

地区特性の把握のため、東京都都市計画地図情報システム（平成 3 年）のデータをもとに解析を行った。これは、建物とその敷地の地図情報から構成されており、敷地面積、建物投影面積、延べ床面積とその用途のデータを得ることができる。本研究ではさらに、これに 250m のメッシュを重ねることで、メッシュ単位での用途別延べ床面積を集計し、これをもとにエネルギー供給システムを検討していくことにした。なお、東京都区部全体でのメッシュ数は 9296 である。

2.3 各メッシュにおける適切なエネルギー供給システムの決定

次ページの図 1 に示した手順で導入を検討していく。まず、清掃工場 DHC については、使われずに捨てられていた熱を使うことから、CO₂ 排出量削減効果が得られるのは自明である。問題は供給範囲であるが、これは配管敷設時の費用や CO₂ 排出量、熱の輸送距離などを総合的に勘案して決める必要がある。そこで、本研究においては、既存の清掃工場 DHC の導入例⁷⁾を参考に、5×5 メッシュ（清掃工場が存在するメッシュを中心として、約 1.56km²）を供給範囲とした。この範囲における熱需要は、清掃工場排熱を優先的に利用し、それで賄いきれない場合のみ、個別供給を受けることとした。ただし、練馬区光が丘地域については、2 つの清掃工場が近接しているので、それぞれを中心として 25 メッシュの範囲を考えた場合、導入範囲が一部重なってしまうところが現れる。そこで、この地域については、2 つの工場を合わせて南北 7 メッシュ、

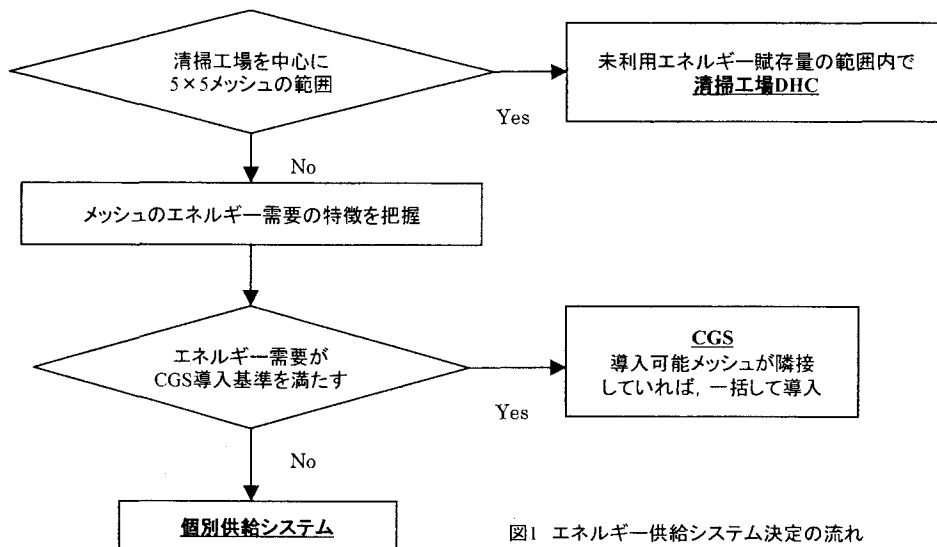


図1 エネルギー供給システム決定の流れ

東西 8 メッシュの計 56 メッシュに対して DHC による供給を行うこととした。なお、熱の賦存量については、既存の清掃工場 DHC における熱収支⁷⁾を参考に、各工場における月別処理量の実績値⁸⁾を用いて算出した。

次に検討するのは、DHC による供給を受けない地区を対象とした CGS 導入の是非である。CGS は電力と熱を同時に供給するシステムであるため、電力・熱負荷の絶対量はもちろんのこと、電力負荷と熱負荷の比や季節・時間変動によっても、導入による効果は変化する。また、導入する CGS 機器による差も存在するため、これらを総合的に評価するためには詳細なシミュレーションが必要となる。そこで本研究では、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」⁹⁾を使用して、CGS 運用時の CO₂ 排出量を計算し、個別供給時の CO₂ 排出量と比較することで、削減効果があるかどうか、またその削減量・削減率を評価した。また、評価計算の際には、いくつかのサンプルを用いたシミュレーションを行い、その結果をもとに CGS の導入可能条件を算出した。なお、清掃工場 DHC、個別供給システムにおける CO₂ 排出量の評価においても、C-PLAN2000 を使用した。

2.4 CO₂ 排出量の算出と評価ケースの設定

先ほど述べたように、CO₂ 排出量の算定には C-PLAN2000 を使用した。このプログラムでは、用途別延べ床面積データを入力すると、それをもとに年間とピーク時の冷熱・温熱・電力負荷を算出し、さらに算出された負荷をもとに機器類を設定すると、月別・時刻別の電力・ガス使用量や機器の稼働効率、一次エネルギー消費量や CO₂、NO_x などの排出量が計算できる仕組みになっている。このプログラムを使用した理由としては、CGS や熱源機器、用途別負荷原単位に関するデータが豊富にあること、また各種データの変更や新設が可能なことや時間・季節変動を考慮した計算を行えることが挙げられる。

この C-PLAN2000 を用いて計算を行うためには、当然ではあるが、プログラムにデータを入力できる形にする必要がある。

そこで、まず建物用途を、前ベ

表1 6種類の用途分類と負荷原単位

用途	ピーク負荷原単位(W/m ² ・h)					年間需要_平日(/m ² ・y)				
	冷房	暖房	給湯	生蒸気	電力	冷房 MJ	暖房 MJ	給湯 MJ	生蒸気 MJ	電力 kWh
事務所	105	58	16	0	50	293	113	9	0	140
店舗	140	93	23	0	70	523	147	96	0	226
住宅	47	35	19	0	30	33	84	126	0	21
病院	105	95	47	116	50	335	310	335	553	170
ホテル	87	78	116	0	50	419	335	335	0	200
スポーツ施設	122	122	407	0	70	339	339	1,831	0	250

ージの表 1 に示した 6 つに再分類した。同時に、各用途の負荷原単位も示した。なお、荒巻らの研究でも、本研究で使用したプログラムの旧バージョンである C-PLAN5.02 を使用している⁹⁾が、その負荷原単位と比較してみたところ、各用途について年間負荷は同じ値を使用していたものの、ピーク時における負荷は C-PLAN2000 の方が高くなっていた。

次に、各システムにおける熱源機器、CGS 機器については、上の表 2 のように設定を行った。また、熱源機器、CGS 機器ともに、ピーク時負荷を賄えるように一台あたりの出力 (CGS は一定)、台数設定を行った。C-PLAN2000 になってピーク時負荷が高くなっていることから、同じ地区を対象に解析を行った場合でも、ピーク負荷の違いにより両バージョンで機器の導入規模・台数が変化し、計算結果が変わってくる可能性がある。CGS 機器については、発電効率がよく排熱回収効率が低いガスエンジン (以下、GE。最大出力 3500[kW]) と、その逆の性質をもつガスタービン (以下、GT。最大出力 1000[kW]) の 2 種類の導入を検討した¹⁰⁾。それぞれの発電効率、排熱回収効率は表 3 に示したものをを用いた (外気温 15℃ の場合)。

CGS 導入による CO₂ 排出量削減効果を算出する際に重要となるのが、代替される電源種である。現在わが国では、火力、水力、原子力が主な電源となっており、図 2 に示したように電力需要の変動は火力を増減することで賄われていることが多い。ここで、CGS 導入に伴い、(ア)のように 3 つの中で電力あたりの CO₂ 排出が最も大きい火力発電による部分が代替されるという考え方と、(イ)のように各電源が満遍なく代替されるという 2 つの考え方がある。そのため、本研究においては、火力発電を代替した場合と全電源を平均的に代替した場合の 2 つの評価ケースを考えた。これに、先ほどの CGS 機器の違いによる評価も加えて、本研究における CO₂ 排出削減量の評価ケースとして、表 4 に示した 3 つを考えることとした。電力 CO₂ 排出原単位は、火力発電の平均として 605 (g-CO₂/kWh)⁹⁾、全電源代替の場合は昼と夜で電源構成比が変化することを考慮し、昼は 500 (g-CO₂/kWh)、夜は 300 (g-CO₂/kWh) とそれぞれ別の値を設定した。この値を設定する際に、表 5¹⁰⁾に示すデータを使用した。また全ての評価ケースにおいて、天然ガスの CO₂ 排出原単位は 2355 (g-CO₂/m³) とした。

なお、個別供給システムにおけるエネルギー消費量・CO₂ 排出量の算出にあたっては、住宅以外の 5 用途では 1000m²、住宅は 100m² におけるエネルギー消費量・CO₂ 排出量を算出し、この値

表2 用途・需要種別機器設定

	CGS	清掃工場DHC	個別供給	
			住宅	他5用途
暖房 その他熱供給	蒸気ボイラ	蒸気ボイラ	空冷HP 温水ボイラ	温水ボイラ
冷房	蒸気吸収 冷凍機	蒸気吸収 冷凍機	空冷HP	電動ターボ 冷凍機
電力	GEまたはGT	電力会社	電力会社	

表3 CGS機器の効率 (単位:%)

	出力 (%)	GE	GT
発電 効率	50	33.2	19.9
	75	37.0	24.2
	100	39.3	26.3
排熱 回収 効率	50	33.5	38.3
	75	30.8	44.2
	100	27.3	49.7

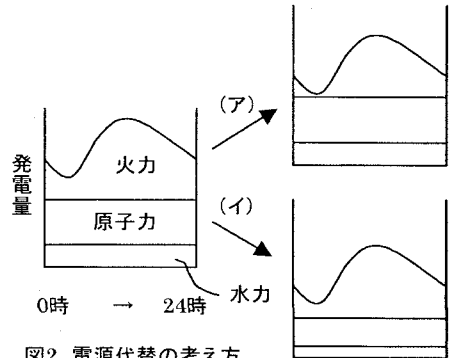


図2 電源代替の考え方

表4 3つの評価ケース

	電力CO ₂ 排出原単位	CGS機器
(a)	605 (g-CO ₂ /kWh)	GE
(b)	昼間: 500 (g-CO ₂ /kWh) 夜間: 300 (g-CO ₂ /kWh)	GE
(c)	605 (g-CO ₂ /kWh)	GT

表5 電源種別CO₂排出原単位

電源種	原単位 (g-CO ₂ /kWh)
石炭	990
石油	733
天然ガス	653
原子力	22
水力	18

表6 用途による電力・熱負荷特性の違い

	冷熱/電力 需要比	温熱/電力 需要比
事務所	0.581	0.243
店舗	0.643	0.298
住宅	0.443	2.769
病院	0.547	1.956
ホテル	0.581	0.930
スポーツ施設	0.377	2.412

がメッシュ内の各用途の延べ床面積に比例すると仮定して、メッシュ単位での個別供給時のCO₂排出量を計算した。この計算においても、C-PLAN2000を使用した。

3. 評価ケース別 CGS 導入条件の算出

3.1 CGS 導入条件算出に用いる指標

前ページの表6に示したように、各用途における電力、冷熱、温熱（表1における暖房、給湯、生蒸気の合計）それぞれの負荷の特徴として、電力需要に対する冷熱需要の割合は用途による差がそれほどないのに対して、温熱需要の割合は用途による差が大きい。これを踏まえて、本研究では、電力負荷と温熱負荷を指標としてCGS導入可能条件を算出していくこととした。

3.2 評価ケース別 CGS 導入条件の算出

(1) 評価ケース(a) (火力基準, GE)

全部で26のサンプルメッシュを用い、計3回の解析を行った。その結果をグラフ化したものが、右上の図3-(a)である。このグラフより、年間電力負荷20000(GJ)付近では熱負荷の大きさによってCGS導入効果の大小が決定し、それより電力負荷が高いメッシュについては、削減効果も高くなっていることがわかる。また、さらに詳しい解析を行った結果、同程度の温熱負荷であっても、事務所の用途割合が高いものは、削減効果が得られない、または小さくなることが分かった。

(2) 評価ケース(b) (全電源平均, GE)

火力発電を想定した場合と比べて、電力CO₂排出原単位の値がかなり小さくなっているため、導入条件が厳しくなるであろうことは容易に想像がつく。図3-(b)に示した解析結果を見ても、電力・温熱負荷ともに40000(GJ)を超えたところで、はじめて削減効果が現れることがわかる。また、温熱/電力需要比と削減率の間には明確な関係は見出せなかったものの、事務所の割合が高いサンプルで削減効果が小さくなるという傾向は、このケースにおいても見られた。

(3) 評価ケース(c) (火力基準, GT)

図3-(c)に示したように、電力負荷に関しては、ケース(b)よりも小さい30000(GJ)程度でも削減効

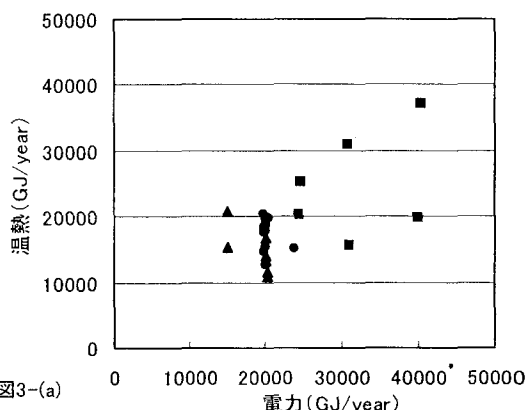


図3-(a)

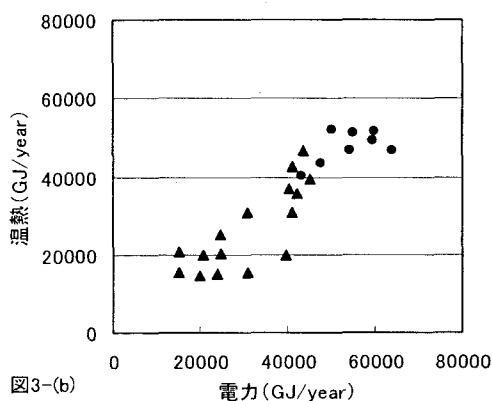


図3-(b)

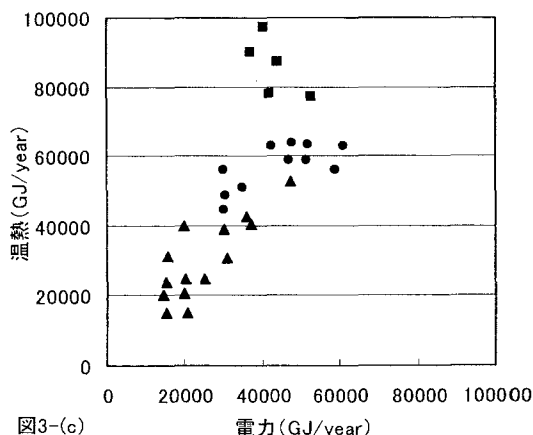


図3-(c)

図3-(a)~(c) 各評価ケースにおける電力・温熱負荷と削減率の関係
<プロット> ■:削減率5%以上, ●:削減率0~5%, ▲:削減率マイナス

果が得られているものがある一方で、50000 (GJ) 程度またはそれ以上であっても、削減効果が得られないまたは小さいものも存在する。GT は熱回収効率が高いため、熱負荷の高いメッシュで有利になることは自明であり、電力負荷に対する熱負荷の割合が高い用途が多く占めることが重要となる。図 3-(c)の範囲外となるが、年間電力負荷が 100000 (GJ) を超えるサンプルを 3 つとって解析してみたところ、電力／温熱需要比が低いサンプルでは、削減効果が得られなかった。

以上の解析を経て、各評価ケースにおける CGS 導入可能条件は次のようになった。

- (a) 年間電力負荷が 20000 (GJ) 以上で、かつ同温熱負荷が 17000 (GJ) 以上、もしくは 15000～17000 (GJ) で、事務所の面積割合が 30%以下。
- (b) 年間電力負荷が 48000 (GJ) 以上、かつ同温熱負荷が 43000 (GJ) 以上。
- (c) 年間電力負荷 (x) が 30000 (GJ) 以上、同温熱負荷が 44000 (GJ) 以上で、

$$y \geq 0.8x \text{ かつ } y \geq \frac{3}{7}x + 31000$$

の双方を満たす。

各評価ケースにおける CGS 導入可能範囲は、右の表 7 のようになった。この結果から、電力 CO₂ 排出原単位、CGS 機器の差による影響が大きいことは明らかである。(b)、(c) のケースでは、(a) に比べて 1 割かそれ以下にまで導入可能範囲が小さくなっている。また、各評価ケースにおける、DHC、CGS の導入可能範囲は、以下に示す図 4 のようになった。

表 7 各評価ケースにおける CGS 導入可能範囲

	メッシュ数	延べ床面積 (km ²)
(a)	1661 (17.9%)	155.62 (37.0%)
(b)	167 (1.8%)	26.26 (6.2%)
(c)	101 (1.1%)	10.80 (2.6%)
東京都区部	9296	420.96

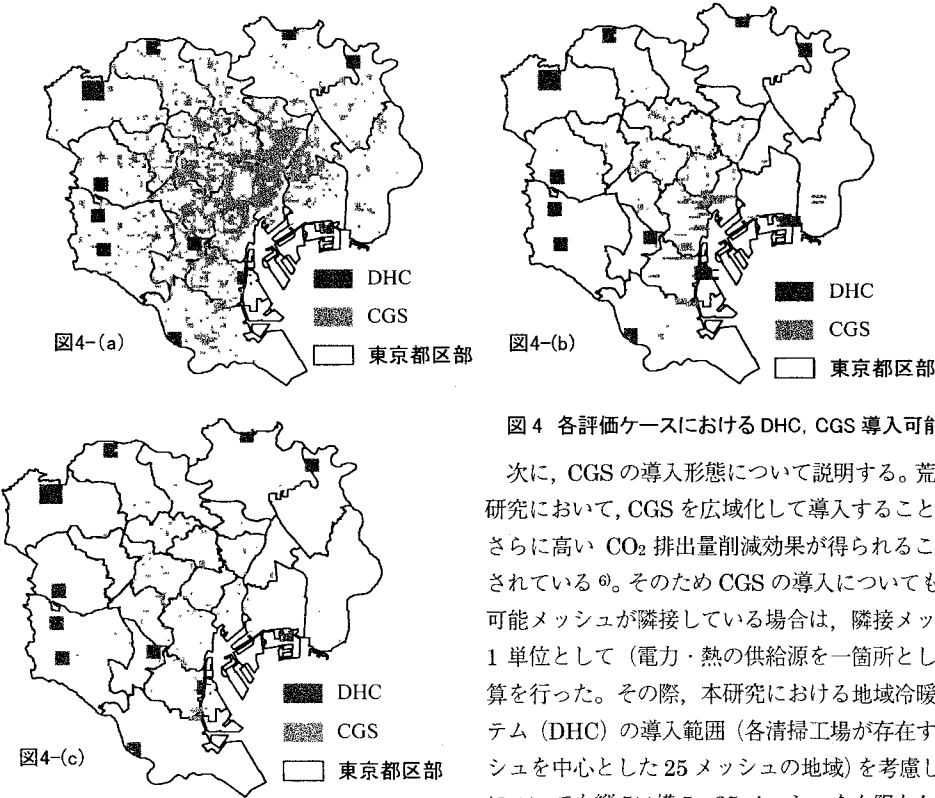


図 4 各評価ケースにおける DHC、CGS 導入可能地域

次に、CGS の導入形態について説明する。荒巻らの研究において、CGS を広域化して導入することにより、さらに高い CO₂ 排出量削減効果が得られることが示されている⁶⁾。そのため CGS の導入についても、導入可能メッシュが隣接している場合は、隣接メッシュを 1 単位として (電力・熱の供給源を一箇所として) 計算を行った。その際、本研究における地域冷暖房システム (DHC) の導入範囲 (各清掃工場が存在するメッシュを中心とした 25 メッシュの地域) を考慮し、CGS についても縦 5×横 5=25 メッシュを上限とした。こ

の結果、各評価ケースにおける CGS 導入形態は表 8 のようになった。

4. CO₂ 排出量削減効果の計算と考察

以上で、DHC と CGS の導入可能メッシュとその導入形態が決定したので、これをもとに CO₂ 排出量削減効果を計算した。東京都区部全体に個別供給を行った場合と、導入条件を満たす地域には DHC または CGS を導入し、残りの地域に個別供給を行った場合の双方について、年間の CO₂ 排出量を

表8 評価ケース別CGS導入形態

	広域化CGS	単独CGS
(a)	207	185
(b)	27	56
(c)	18	56

計算し、削減率・削減量を評価した。その結果を表 9 に示す。なお当然ではあるが、DHC によって供給されるのは熱のみであり、電力は個別供給システムによって賄われている。評価ケースにかかわらず、ガスの CO₂ 排出原単位は一定であるため、すべての評価ケースにおいて、DHC 導入による CO₂ 排出量削減効果は等しくなる。また、ケース(b)の単独 CGS 導入可能メッシュのうち、計算の結果、2 メッシュについては削減効果が得られなかったため、個別供給システムに切り替えた。

表9 評価ケース別CO₂排出削減率・削減量とその由来 (kt-CO₂/year)

	DHC+CGS +個別供給	個別供給 のみ	削減率	削減量		
				個別→DHC	個別→CGS	合計
(a)	52,084	68,208	23.64%	850	15,274	16,124
(b)	66,477	68,208	2.54%	850	881	1,731
(c)	67,193	68,208	1.49%	850	165	1,015

表 9 より、評価ケース(b)、(c)と(a)の間に大きな隔たりがあるのは明らかである。代替する電源、導入する CGS 機器の差が非常に大きいことがわかる。以下、導入システム別に考察を行った。

4.1 CGS 導入地区の用途割合と温熱／電力需要比

東京都区部全体における用途別延べ床面積割合と、CGS が導入された地区のそれとを比較したのが、右の表 10 である。ケース(a)、(b)において

表10 CGS導入範囲の用途別割合(km²)

	事務所	店舗	住宅	その他	合計
東京都区部	103.24(24.5%)	51.63(12.3%)	247.66(58.8%)	18.42(4.4%)	420.96
(a)	62.70(40.3%)	27.47(17.7%)	51.39(33.1%)	13.88(8.9%)	155.44
(b)	12.10(46.1%)	3.90(14.9%)	2.68(10.2%)	7.57(28.8%)	26.26
(c)	2.39(22.1%)	0.88(8.1%)	2.12(19.6%)	5.41(50.0%)	10.81

は、東京都区部全体の用途分

布に比べて、事務所、店舗の割合が高く、住宅の割合が小さい。さらに(b)については、病院、ホテル、スポーツ施設の延べ床面積の合計である「その他」の割合が都区部全体に比べて、6 倍以上も高くなっている。前者については、CGS 導入による CO₂ 削減効果が得られるだけの電力・熱需要が発生するのは、いわゆる業務地区に多いため、住宅の割合が減少するものと考えられる。また後者については、表 1 に示した負荷原単位を見ても分かるように、これらの用途は延べ床面積あたりの負荷が大きい。そのため、事務所や住宅等の用途よりも比較的少ない延べ床面積で CGS 導入に必要な負荷量に達するからではないかと考えられる。

しかし、ケース(c)については、店舗、住宅だけでなく、事務所の割合も少なくなっている。これは、事務所の負荷特性に原因がある。GT は、発電効率は低いが排熱回収効率が高いという性質をもつため、電力負荷に対する温熱負荷が高い地区の方が、導入による CO₂ 削減効果を得られやすい。しかし、事務所の温熱／電力需要比は、表 6 に示したように 6 用途中最低である。そのため、事務所で

表11 熱電比別メッシュ数分布

は相応の熱負荷が得られない分を他の用途で補う必要が出てくるのである。
これについては、次の表 11 に示した温熱／電力需要比でも同様の傾向が見られる。都区部全体でみると、需要比が 0.5～1.0、

温熱／電力 需要比	東京都 区部	(a)		(b)		(c)	
		広域化	単独	広域化	単独	広域化	単独
2.0～	1317	2	7	1	0	4	5
1.5～2.0	1506	4	18	3	5	4	17
1.0～1.5	2783	20	22	6	9	4	23
0.5～1.0	2656	154	115	15	28	6	11
～0.5	1035	27	21	2	12	0	0

1.0～1.5の範囲に入っているものが多いが、実際に CGS 導入可能となったメッシュの分布を見てみると、ケース(a), (b)については、0.5～1.0の範囲には多く存在するが、1.0～1.5の範囲にはそれほど多くない。これは、先ほど述べたように、いわゆる業務地区においては、事務所の面積割合が高くなるため、他の用途が混在しても、電力需要に対して熱需要がそれほど大きくならないことが原因と考えられる。また、GEの性質上、電力負荷に対して温熱負荷が大きくなりすぎると、逆に導入効果が下がる（または得られなくなる）のではないかとすることも考えられる。これに対してケース(c)は、1.5～2.0の範囲にも導入可能地域が多く存在しており、GTの特性が反映されているといえるが、温熱／電力需要比が高いメッシュは、ほとんどの場合住宅の面積割合が高いので、特に電力については、負荷の絶対量自体が CGS 導入可能な水準にまで達しないケースが多いと考えられる。導入可能範囲が狭くなってしまうのは、これが原因であろう。

4.2 DHC 導入地区に関して

表 12 に、DHC 導入地区における未利用エネルギーの活用状況を示した。これを見る限りでは、最も活用率が高い地区でも約 68%であり、まだ排熱を十分に活用しきれていないことがわかる。本研究における導入範囲の 25 メッシュから、単純に範囲を広げるという方法も考えられるが、やや離れたところに大きな需要が見込める場合は、そこまで熱を送るというのものの考え方である。いずれにしても、今までは捨てるだけだった排熱を利用することで、CO₂排

表12 DHC導入地区における未利用エネルギー活用状況

地区	賦存量 (TJ/year)	需要量 (TJ/year)	活用量 (TJ/year)	活用率 (%)
ア	390	417	223	57.2
イ	841	649	411	48.9
ウ	421	444	238	56.5
エ	1,076	61	45	4.2
オ	913	496	371	40.6
カ	1,437	435	343	23.9
キ	1,173	344	265	22.6
ク	531	510	294	55.4
ケ	755	1,245	511	67.7
コ	778	431	304	39.1
サ	792	686	285	36.0

出量削減の観点からは確実にプラス効果が見込めるので、より効率的・積極的な利用が望まれる。

5. まとめ

清掃工場排熱を利用するという設定のため、DHC は各清掃工場の周辺地区に導入し、CGS については 3 つの評価ケースを設定して、CO₂ 排出量削減の可能性について検討を行ってきたが、評価ケース(a)においては、20%を超える削減可能性があることが示された。また、ケース(b), (c)と比較することにより、CO₂ 排出原単位の設定や、CGS 機器の性能による影響が大きいことも示された。本研究では、電力・温熱負荷のみを導入条件として考えてきたため、実際の地区特性によっては、CGS 導入に伴う設備建設時の CO₂ 排出や初期コストの問題、CGS 稼動時の騒音・振動の問題などが生じ、導入には適さない地区も出てくるであろう。そのため、本研究で示された CGS 導入可能範囲は、CGS 導入に必要な電力・熱負荷という最低条件を満たす範囲とも言える。この結果をもとに、さらに詳しい解析を行っていくことで、より現実的なシステム導入形態が得られるものと考えられる。また DHC についても、本研究での供給範囲においては、排熱活用効率は必ずしも高くなく、さらに有効な利用が可能であるという結論が得られた。

今後は、下水熱など別の未利用エネルギー源の利用や太陽エネルギーの利用も考慮したシステムについても検討を重ね、より効率的なエネルギー供給システムの構築を目指す必要がある。

参考文献

- 1) 田頭直人：都市の空間とエネルギーに関する一考察 ～エネルギー削減を目指した諸システムの導入効果について～，第 33 回日本都市計画学会学術研究論文集，p61-66，1998
- 2) 岡村智仁，松橋隆治，石谷久，吉田好邦：都市ガス利用機器における排熱および自然エネルギー利用可能性の LCA 的評価，エネルギー・資源学会第 19 回研究発表会講演論文集，p53-58，2000
- 3) 加藤丈佳，鈴木将大，横木康伸，岡本達希，鈴置保雄：CGS 運用実績に基づくエネルギー消費の現

- 状と省エネポテンシャルの評価, エネルギー・資源学会第 19 回研究発表会講演論文集, p69-74, 2000
- 4) 加藤丈佳, 鈴木将大, 横水康伸, 岡本達希, 鈴置保雄: 都市エネルギーシステムの高効率化に対する
ごみ発電および CGS の最適導入形態, エネルギー・資源学会第 19 回研究発表会講演論文集, p291-296,
2000
 - 5) 玄地裕, 匂坂正幸, 稲葉敦, 斎藤晃太郎, 嵐紀夫: 民生用エネルギー CO2 排出削減ポテンシャルの
地域性について, エネルギー・資源学会第 19 回研究発表会講演論文集, p303-308, 2000
 - 6) 荒巻俊也, 飯濱美夏, 花木啓祐: 東京都区部における民生用エネルギー供給由来の CO2 排出削減可
能性の検討 ~コージェネレーションシステムと清掃工場廃熱利用の地域冷暖房システムの導入によ
る~, 環境システム研究論文集 Vol.28, p85-93, 2000
 - 7) (財)新エネルギー財団地域エネルギー委員会: 最新未利用エネルギー活用マニュアル, オーム社, 1992
 - 8) 東京都清掃局: 清掃局年報平成 8 年度版, 東京都清掃局, 1996
 - 9) 東京ガス (株): C-PLAN2000 マニュアル編・ロジック編, 2000
 - 10) 東京ガス (株): ガスコージェネレーションシステム, 1999
 - 11) 東京電力 (株): 環境行動レポート, p33, 2000