

既存地域冷暖房への清掃工場排熱活用効果に関する研究 —品川駅周辺地域におけるケーススタディー—

環境工学—都市設備・環境管理

品川駅周辺地域 地域冷暖房 清掃工場排熱 CO₂

1. 研究概要

1-1 研究背景

現在、地球温暖化やエネルギー資源の枯渇が問題となっている。従来から熱の需要量が集中している地域に対し地域冷暖房の導入が勧められてきたが、CO₂削減や省エネルギー対策の観点から現状では一層の効率向上を求められるものもあり、それらの地域冷暖房の近隣に未利用エネルギーがある場合は未利用エネルギーを活用することでの効率の向上を検討する事は有意義な事である。また未利用エネルギーのなかでも清掃工場からのごみ焼却排熱は大きなエネルギーを持つため有効な利用が期待されている。

1-2 研究目的

本研究では、先ず既存地域冷暖房の効率、清掃工場排熱の活用の現状とその活用可能性について調査する。そして、排熱を利用する事で地域冷暖房の効率が向上する可能性のある品川駅周辺地域の既存地域冷暖房を対象として、現実的にどの程度のCO₂削減効果が見込めるかを実運転データを用いて検討する事を目的とする。

2. 地域冷暖房効率及び清掃工場排熱活用の現状

2-1 既存地域冷暖房の総合エネルギー効率

地域冷暖房はガスや電気といった投入されるエネルギーによってシステムが異なり、また未利用エネルギーやCGSを活用している地域もあり、多様なシステムを持つ。

そこで各地域の地域冷暖房を比較するためシステム別に総合エネルギー効率を求めた。総合エネルギー効率¹⁾とは、販売熱量合計(GJ)を原・燃料一次エネルギー使用量(GJ)²⁾で割ったものである。

図1に、現在清掃工場排熱と低温排熱を活用している全国の地域冷暖房と東京23区内の地域冷暖房の総合エネルギー効率をシステム別に示す。東京23区の総合エネルギー効率の平均は0.81であり、未利用エネルギーである清掃工場排熱と低温排熱を活用している地域冷暖房及びCGS排熱を活用している地域冷暖房の総合エネルギー効率は平均より高いものが多く、中でも清掃工場の排熱を活用した地域冷暖房はとりわけ効率が良い事が分かる。一方、未利用エネルギーを使用していない地域冷暖房は平均より効率の低いものもあり特にガスを主体としたシステムの地域冷暖房は23区平均に達していない。これらの効率を向上させる方法としては、既存システムのまま利用できる清掃工場排熱の活用が考えられる。

準会員○篠田 友博*1 正会員 増田 幸宏*4
正会員 後藤 美咲*2 同 高橋 信之*5
同 大場絵理香*3 名誉会員 尾島 俊雄*6

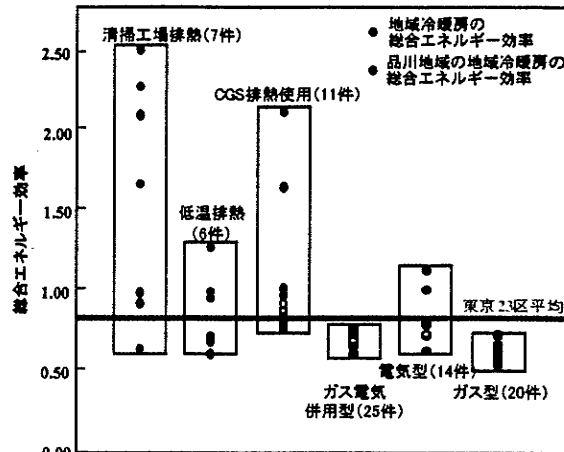


図1 地域冷暖房の総合エネルギー効率
(未利用エネルギー活用地域冷暖房及び東京23区地域冷暖房)

2-2 清掃工場での排熱活用現状

清掃工場からのごみ焼却排熱は他の未利用エネルギーに比べ比較的安定して熱を取り出す事ができ、かつその賦存量も大きい。

現在、東京23区の清掃工場排熱は発電と熱供給に活用されている。表1に発電によるCO₂排出量削減効果を示す。表2に発電に使用している蒸気量総量を仮に全て熱供給に切り替えた場合のCO₂排出量削減効果を示す。表1、2より排熱で発電するより熱供給する事でCO₂排出削減量は約400,000t増加している事が分かり、熱として供給する事でより環境性を高められる事が分かる。しかし熱供給するには、新規配管を整備する事と近隣に清掃工場排熱を活用可能な地域冷暖房プラント等の供給先が必要となる。

表1 排熱で発電する事によるCO₂削減効果

発電量 ³⁾ (kWh)	CO ₂ 排出係数 (kg/kWh)	CO ₂ 排出削減量 (kg)
960,390,417	0.378	363,027,576

表2 排熱を熱供給する事によるCO₂削減効果

供給可能蒸気量 (MJ)	ボイラー 効率	都市ガス使用量 (MJ)	CO ₂ 排出係数 (kg/MJ)	CO ₂ 排出削減量 (kg)
11,922,087,931	80%	14,902,609,914	0.0513	764,503,889

CO₂ 排出係数 出典:環境省地球環境・国際環境協力(地球環境局)事業者からの温室効果ガス排出算定法定ガイドライン(試案)

また東京二十三区清掃一部事務組合にヒアリングを行った結果、排熱とはあくまで清掃工場の業務を行った結果排出されるものであり、先ず自家で必要な熱と電気を確保することが前提である。その上で余った熱を熱供給したり売電に利用している事が分かった。よって本研究では売電するために使用されている蒸気を熱供給可能な未利用エネルギーとする。

3. 東京23区清掃工場の排熱活用可能性調査

3-1 東京23区清掃工場の分類

清掃工場排熱を活用する時、既存ガス型、ガス電気併用型地域冷暖房を利用する事で熱供給におけるプロセスをいくつか省く事ができる。地域冷暖房は一定量のまとまった需要量を持つので清掃工場排熱を効率的に利用する事が可能である。また、蒸気管の管理や運営の手間を減らす事ができる。よって本研究では排熱を既存ガス型、ガス電気併用型地域冷暖房へ蒸気利用することを検討する。

そこで、東京23区において稼働中の清掃工場と、熱供給事業便覧に掲載されている地域冷暖房を一对一で接続した場合の熱供給可能性を調査し、現在清掃工場排熱を熱供給可能な地域がどのくらいあるのかを把握する。供給可能性を決定する要因として清掃工場と地域冷暖房間の距離と、排熱供給可能量³⁾と熱需要量のバランスが考えられる。

図2に東京23区の清掃工場と地域冷暖房の位置関係を示す。清掃工場の蒸気活用距離を5km⁴⁾として供給可能範囲を設定した結果、清掃工場排熱供給可能範囲が23区のほぼ全域を網羅している事が分かった

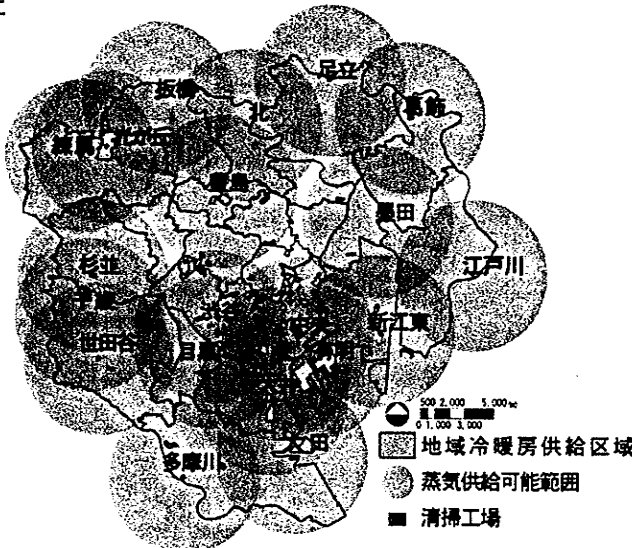


図2 東京23区の清掃工場と地域冷暖房

しかし、清掃工場排熱を熱供給する際の問題として、清掃工場において現状で使用している発電機を使わなくなることで、清掃工場と地域冷暖房をつなぐ熱源管（蒸気管、還水管）の建設費用がかかることが考えられる。これらの費用に対して排熱を活用する事で削減される都市ガス購入費用の方が大きければ熱供給が行える可能性が高いと言える。

図3に排熱の供給可能量を縦軸に、清掃工場と地域冷暖房間の距離を横軸にし、供給可能性を考察した。これより清掃工場と地域冷暖房の距離は近い方が、供給可能量は多い方が経済性を確保でき熱供給可能性が大きいことが分かった。

清掃工場と地域冷暖房の距離も近く、供給可能量

も多い以下の組み合わせは熱供給可能性が最も高いと言える。

- 目黒清掃工場－恵比寿・渋谷道玄坂
- 中央清掃工場－芝浦・明石町・内幸町
- 港清掃工場－天王洲・品川駅東口・品川駅東口南
- 豊島清掃工場－東池袋・西池袋

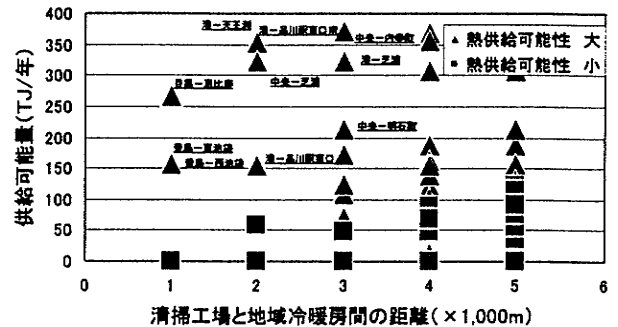


図3 供給可能量と距離と熱供給可能性の関係

3-2 品川駅周辺地域の現状調査

3-1の熱供給可能性の高い組み合わせの中で、港清掃工場のある品川駅周辺地域は今後の活発な再開発が予想される。よって品川駅周辺地域を対象に、港清掃工場の排熱活用について検討する。図4に品川駅周辺地域の既存地域冷暖房と港清掃工場の位置を示す。品川駅周辺地域には蒸気を主体としたシステムをもつA・B・Cの三つの地域冷暖房がある。

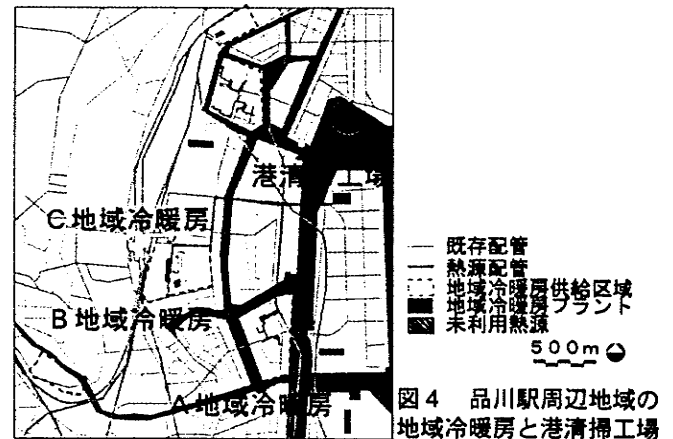


図4 品川駅周辺地域の地域冷暖房と港清掃工場

3-3 港清掃工場の概要

港清掃工場では11月に炉の点検のため約2週間程度運転を停止させている。以下、港清掃工場に関する数値は平成15年度の総合運転月報を基とした。図5に港清掃工場の蒸気使用内訳を示す。港清掃工場では年間約1,920TJの蒸気を製造しており、うち約30%を場内施設にて熱利用し残りの蒸気を利用して22,000kWの出力の蒸気タービンで発電している。発電した電力のうち、自家で消費する電力の為に使用された蒸気量は全体のおよそ36%で本研究では残り33%の蒸気を活用可能蒸気量とする。

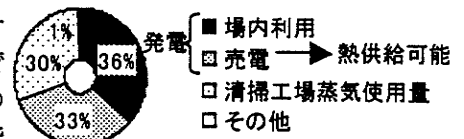


図5 蒸気使用内訳

3-4 システム提案

蒸気を使用している品川駅周辺地域の地域冷暖房と港清掃工場との接続を検討する。地域冷暖房の現状システムを図6に、提案システムを図7に示す。提案システムでは新規設備として熱源管と二次ポンプ、圧力調節弁が必要となる。A地域冷暖房では現在、蒸気を製造するためにボイラーにて都市ガスを使用している。提案システムでは蒸気を都市ガスで製造する代わりに港清掃工場の排熱を活用することにより、ボイラーで消費されていたエネルギーを削減することができる。表3に品川駅周辺地域にある既存地域冷暖房のシステムを示す。B、C地域冷暖房ではボイラ蒸気とCGS排熱を活用している。

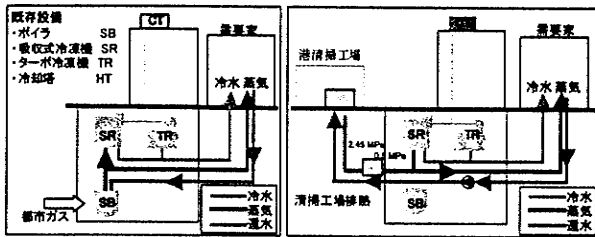


図6 現状システム 図7 提案システム

表3 A・B・C地域冷暖房のシステム概要

A地域冷暖房		B地域冷暖房		C地域冷暖房	
冷凍機供給量		冷凍機		冷凍機	
二重効用吸収式冷凍機	10,700RT	二重効用吸収式冷凍機	1,400RT	二重効用吸収式冷凍機	1,400RT
電動ターボ冷凍機	1,400RT	電動ターボ冷凍機		電動ターボ冷凍機	
合計	12,100RT				
温熱供給量		温熱機		温熱機	
ボイラ	55.2t/h	ボイラ		ボイラ	

3-5 品川駅周辺地域でのCO2排出量削減効果

図8に清掃工場が停止している期間を除いた期間のA・B・C地域冷暖房の温熱需要と冷熱需要をまかなう上で必要な蒸気量と港清掃工場の活用可能蒸気量を示す。なお、温熱需要量と冷熱需要量は供給施設の用途別延床面積と原単位を用いて算出した。

品川駅周辺地域の三つの地域冷暖房で清掃工場排熱を活用することでのCO2削減効果は約48,000tとなった。現在、港清掃工場で排熱を発電に利用することでCO2排出量削減効果は約39,600tなので、熱利用することで更に約8,300tのCO2排出削減する事ができる。

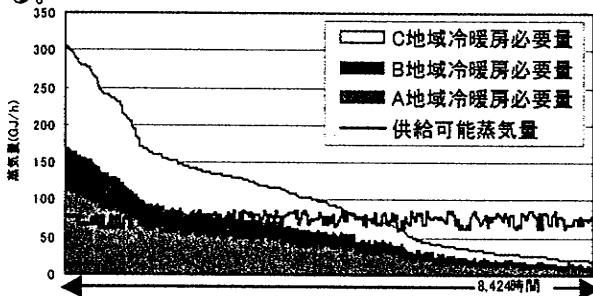


図8 供給可能蒸気量と各地域冷暖房の需要量

4. A地域冷暖房を対象とした排熱活用効果の検討

4-1 A地域冷暖房への排熱供給可能性

港清掃工場に近い地域冷暖房から優先的に排熱を

供給することとし、港清掃工場から最も近くかつガス電気併用型であるA地域冷暖房を接続対象として排熱活用による効果について検討した。図8よりA地域冷暖房について年間7,840時間は全ての需要に対して排熱でまかなえる事がわかった。なお、清掃工場では蒸気を製造するためにエネルギーを投入していないので、排熱の一次エネルギーはゼロとした。

4-2 清掃工場排熱を活用した運転方法の検討I

4-2-1 提案運転方法の設定

次に運転方法の設定を行う。A地域冷暖房の既存システムでは温熱需要に対しては蒸気圧力を2.45MPaから0.80MPaまで低下させる事で既存設備に対応する事が出来る。冷熱需要に対しては蒸気吸収式冷凍機とターボ冷凍機の運転方法を検討Iとして次の二通りに設定する。図9、図10に設定した各運転方法における、年間の冷凍機運転パターンを示す。なお、温熱、冷熱の製造量は平成14年度の実績値を用いた。

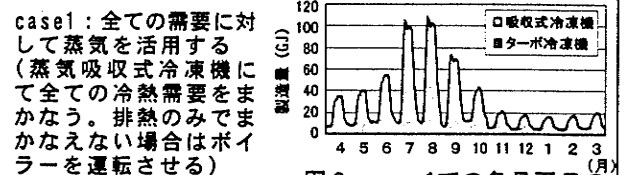


図9 case1での各月平日の冷凍機運転パターン

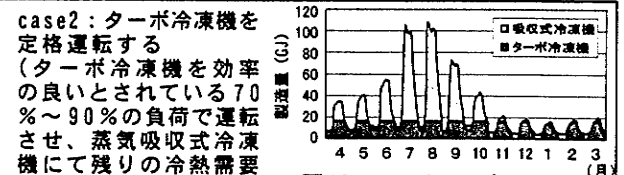


図10 case2での各月平日の冷凍機運転パターン

4-2-2 検討Iでのエネルギー効率

図11にcase1とcase2の年間総合エネルギー効率を示す。図11より年間総合エネルギー効率は現状の0.80に対し、case1では1.91、case2では2.75と大幅に上昇した。図12に月別の総合エネルギー効率を示す。11月は清掃工場が運転を停止している期間があるため、case1,2ともにあまり効率が良くない。

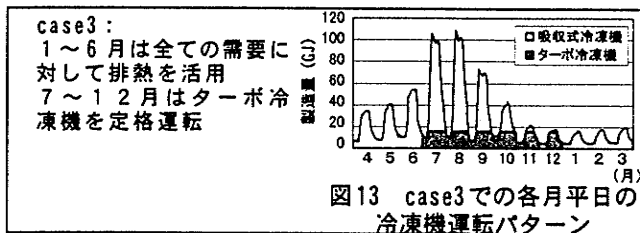
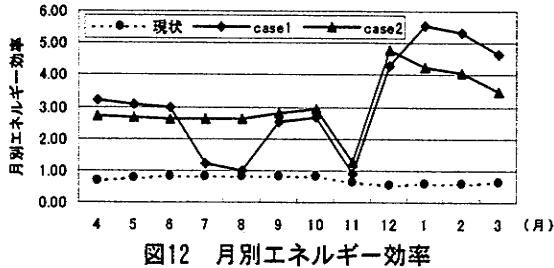
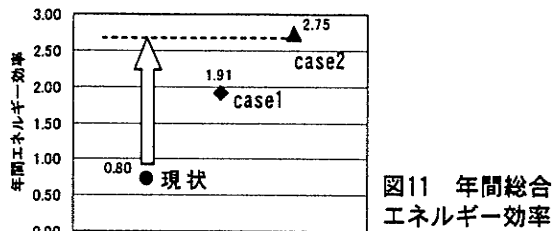
検討Iの結果、年間一次エネルギー投入削減量は約314TJで、CO2排出削減量は約15,900tとなった。なお、削減量とはA地域冷暖房の現状との比較によるものである。

4-3 清掃工場排熱を活用した運転方法の検討II

4-3-1, 2より年間ではcase1よりcase2の方が効率は良く、月別では1月から6月まではcase1、7月から12月まではcase2の方が効率は良い事が分かる。

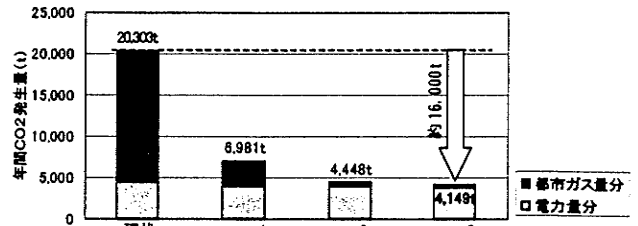
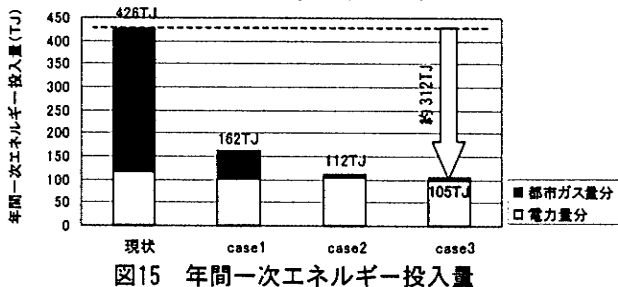
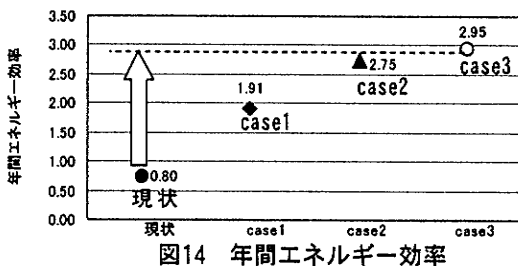
従ってA地域冷暖房の効率をより向上させるには月別で各冷凍機の運転方法を見直す必要がある。

そこで、各月において最も効率の良かった運転方法をその月の運転方法として採用した。そのパターンをcase3として設定し図13に示す。



4-4 提案運転方法でのCO2削減効果

図14に現状、検討I (case1, case2), 検討II (case3)の年間エネルギー効率を示す。case3の検討の結果、年間エネルギー効率を2.75からさらに2.95まで上げる事が出来た。図15に現状、検討I、検討IIの年間一次エネルギー投入量を示す。現状では426TJ、検討Iでは112TJ、検討IIでは105TJとなった。よって検討IIでの年間一次エネルギー投入削減量は約321TJとなり検討Iよりもさらに7.54TJ削減する事ができ、年間一次エネルギー削減率は約75%であった。次に図16に現状、検討I、検討IIの年間CO2排出量を示す。現状では2,030t、検討Iでは4,448t、検討IIでは4,150tとなった。よって検討IIでのCO2排出削減量は16,154tとなり、検討Iよりもさらに約300t削減する事ができた。最終的に現状と比べCO2削減率は約80%となった。



5. まとめ

5-1 研究の結論

本研究では、東京23区の既存地域冷暖房への清掃工場排熱の活用可能性を調査し、排熱活用効果に関して品川駅周辺地域を取り上げ検討を行った。またそのなかでもA地域冷暖房と港清掃工場との接続について実績値をベースにCO2削減効果を検討し、その効果を向上させるために運転方法の面からのアプローチを行った。その結果以下の事が分かった。

- ・東京23区で既存地域冷暖房と清掃工場の接続を検討する可能性の高い地域を4箇所抽出した。
- ・品川駅周辺地域において、港清掃工場で売電の為に消費されている蒸気を近隣でかつ蒸気を活用できるA・B・C地域冷暖房へ供給した場合、現状(発電)に比べて年間約8,300tのCO2削減が見込まれる。
- ・港清掃工場の排熱をA地域冷暖房へ蒸気として活用した場合、A地域冷暖房の現状と比べ66%以上のCO2排出量削減効果を得ることができ、運転方法を設定し直す事で最大80%まで削減することができると考えられる。

5-2 今後の展望

今後、品川駅周辺地域だけでなく地域冷暖房と清掃工場の接続をによる熱供給可能性の高い他の地域においてその効果を算出していく必要がある。

また、未利用エネルギーを使用していない他の地域冷暖房と未利用エネルギーやCGSとを接続することによる効率の向上について検討を図っていく必要がある。

謝辞

本研究を行うにあたり、東京二十三区清掃一部事務組合、港清掃工場、A地域冷暖房の多大なご協力を受けました。ここに記して、謝意を表します。

参考文献

- 1) 「平成15年度新エネルギー等導入促進基礎調査[未利用エネルギー導入基盤整備調査]報告書」日本環境技研株式会社, 2004.3
- 2) 「熱供給事業便覧」平成10, 11, 12, 13, 14, 15年度 社団法人日本熱供給事業協会
- 3) 「清掃事業年報(東京23区)」平成11, 12, 13, 14年度 東京23区清掃協議会
- 4) 「熱供給のあり方特別委員会報告書」社団法人日本熱供給事業協会, 2003.11

- #1 早稲田大学理工学部建築学科
- #2 早稲田大学理工総研嘱託研究員
- #3 早稲田大学大学院修士課程
- #4 早稲田大学理工学部助手・工修
- #5 早稲田大学理工学部総合研究センター教授・工博
- #6 早稲田大学教授・工博