

都市ごみ・汚泥処理の実施例(2)

——東京都光が丘清掃工場のごみ焼却を余熱利用——

松 本 保 幸*

Yasuyuki Matumoto

1. 清掃事業と余熱利用

東京都清掃局では23区内から、ごみを可燃ごみ、分別ごみ、粗大ごみの3種類に分けて集めている。このうち、可燃ごみは焼却処理することとしている。その目的は、①減容化と②衛生的処理にある。そのほかに、③ごみ焼却場（清掃工場）の適正配置によるごみの輸送効率の向上、更に、④燃焼熱を回収して発電と給熱による省エネルギー効果もある。

1.1 発電（東京都におけるごみ発電の経過）

清掃局は現在13の清掃工場を持っている。最も古いものは江戸川工場で、昭和41年10月に竣工し、次いで北工場が昭和44年に竣工した。この2工場は、ごみ燃焼熱を水噴射により冷却する方式である。その後、練馬、世田谷、千歳、大井、多摩川、江東、板橋の各工場が昭和40年代に次々に竣工し、これらはすべて、ごみ燃焼熱をボイラで吸収して燃焼排ガスを冷却する方式を採用している。排熱ボイラから発生した蒸気は、プラント内加熱源や場内給湯・暖房のほかに、場外の地元還元のための市民施設等への給熱のために使用し、更に、清掃工場で使用する電力を賄うために蒸気タービンを駆動するのに使用される。発電容量は所内負荷に見合うものとされ、したがって、なお多くの蒸気が余り、これは蒸気タービンとは別系統の復水器を設けて大気と熱交換して空気中へ熱を逃がしている。この当時の発電機の運用は、商用電力系統への送電（逆送）が許されていなかったため発電しすぎて所内負荷を超えないように注意して運転しなければならなかったが、昭和50年4月からは逆送可能（出入り自由）となり、更に昭和51年4月からは有償で東京電力㈱が引き取ってくれることになった。

昭和50年代に入ると、葛飾、足立、杉並、光が丘の

各工場が建てられたが、このような事情を反映して、蒸気タービンの発電容量は所内負荷を大きく上回って設定され、積極的な熱回収形に変わっていった。特に、1,200 t/日のごみ焼却能力を有する葛飾工場では、12,000kWの大容量発電機を設置することとなった。また、タービン形式も葛飾、杉並、光が丘の各工場では、従来の背圧タービンから単位蒸発量当りの出力の大きい復水タービンへと変わり、この面でもエネルギー回収の積極性が図られた。運転利便性から、それでもなお蒸気タービンとは別系統に復水器（高圧復水器）を設けて、発生蒸気のうちの少量を発電に利用せず空気中に放熱している。しかし、昭和58年9月に竣工した光が丘工場の場合は、発生蒸気のうち余ったものはすべて発電に利用するという発想のもとに、高圧復水器は設置せず徹底的に熱回収を図ろうとしている。また、江東工場では当初は所内負荷に見合う3,000kWの発電機を持っていたが、昭和57年に省エネルギーの社会に反映して15,000kWの発電施設に変更した。

昭和62年度の発電実績をみると、11工場で総発電量3億8,067万kWh、総売電電力量1億9,991万kWh、総売電収入14億6,700万円に達した。売電の主力は江東工場と葛飾工場であり、この2工場が総売電に占める割合は、量では65%、収入額では76%に達している。

1.2 場外余熱利用

清掃工場の場外余熱利用は、給熱の形で行われている。標準的な方法はボイラからの蒸気と熱交換して約130℃の高温水を作り、これを供給先へ送り、そこで熱交換して温度低下して返ってくる高温水循環方式である。また、蒸気による給熱も、世田谷工場で隣設する区立美術館向に行っている。

(1) 利便施設

給熱先は清掃工場近隣の市民施設で、区民センター、温水プール、敬老会館等の老人向け区民センター、児童館、福祉センター、温室植物園、体育館、美術館等

* 東京都練馬清掃工場光が丘分工場工場長
〒176 東京都練馬区光が丘5-3-1

の便利施設であり、館内の暖房、給湯、プール加熱源として利用している。給熱能力は、0.7Gcal/hから3.36Gcal/hに大部分分布しているが、江東工場では供給先が大きいため12Gcal/hの能力を持っている。

(2) 地域熱供給

清掃工場のもうひとつの余熱利用として、地域熱供給用の熱源としての利用がある。この利用方法は大気汚染防止等を目的としたもので、東京都環境保全局から昭和56年8月に以下のような協力要請が清掃局にあり実現したものである。

『地域暖冷房は、大気汚染防止、省エネルギー、都市防災等多面的に優れた効果を有するシステムである。

東京都においては、従来からビル密集地域について、地域暖冷房の推進を図ってきたが、これと並行してマイタウン東京構想実現の一環として、「災害に強いまちづくり」、「快適なすまいと生活環境の確保」、「都市環境の保全」等の課題に応えるものとして、大規模団地についても清掃工場排熱、送電線排熱等の、いわゆる都市排熱を利用する地域暖冷房給湯システムの検討を進めてきた。

この課題について、通産、建設両省との協議、日本住宅都市整備公団、東京都住宅供給公社の協力、また特に地域暖冷房事業の企業化を担う東京電力㈱、東京瓦斯㈱の積極的な尽力を得て、成案がまとまったものである。』

地域熱供給としての利用は、清掃工場が地域熱供給先に近接していることが前提となる。大井工場と光が丘工場の近隣には、それぞれ品川八潮パークタウン(69棟、5,248戸)と光が丘パークタウン(光が丘団地、12,000戸予定)という中高層集合住宅群の大団地があり、昭和58年から両工場のごみ焼却熱が地域熱供給の熱源として利用されている。どちらの団地も、実際に通産省の許可を受けて熱供給事業を行っている主体は、東京熱供給㈱という第3セクターであり、清掃工場からの熱はこの会社のセンタープラントに送られる。清掃工場からの熱供給が停止したときは、東京熱供給㈱は都市ガス焚きのボイラーを焚いて熱供給を賄う。

熱供給方法と給熱容量は、大井工場の場合135℃の高温水×19Gcal/hである。光が丘工場の場合は、発電後の低温蒸気と熱交換させて(容量8Gcal/h)約40~50℃の熱源水を作り、これから東京熱供給㈱側ではヒートポンプで熱を汲みあげて団地内給熱に利用している。

本稿では、この中から特に光が丘工場について報告

する。

2. 光が丘団地地域暖冷房給湯

2.1 団地概要

練馬区光が丘地区は埼玉県に近い方に位置し、もとは旧陸軍飛行場で、それが終戦後、米軍住宅地(グラントハイツ)に接收された後、昭和48年9月に返還されたものである。光が丘団地の開発計画概要を、図-1「光が丘団地開発計画図」に示す。開発地域は186haあり、その土地利用は、公園60.7ha、道路20.0ha、学校23.2ha、住宅地区82.1haである。

住宅地区には、都営住宅2,650戸、公社住宅1,510戸、公団住宅7,840戸合計12,000戸の住宅を建設することになっている。現在の入居は9,450戸であるが、昭和67年3月には全戸入居の予定である。住棟は14階建の高層が大部分を占め、一部25階建、30階建の超高層もある。開発地区内には、都立公園1(60.7ha)、近隣公園5・児童公園14(住宅用地内に合わせて約20ha)、小学校9、中学校6、高等学校2、幼稚園6、総合病院1(300床)、診療所8、官公庁施設、中心商業施設(デパート1、スーパー1、小売店113、文化ホール、映画館、駐車場(約1,000台)等)が建てられ、都心へつながる地下鉄も建設中であり、光が丘パークタウンは最終的には人口約40,000人の一つのまちとして出現することになる。

2.2 地域暖冷房給湯システム

(1) 東京熱供給株式会社

光が丘団地に地域熱供給している主体は、東京熱供給㈱(以下、東熱と略す)である。これは、東京都、

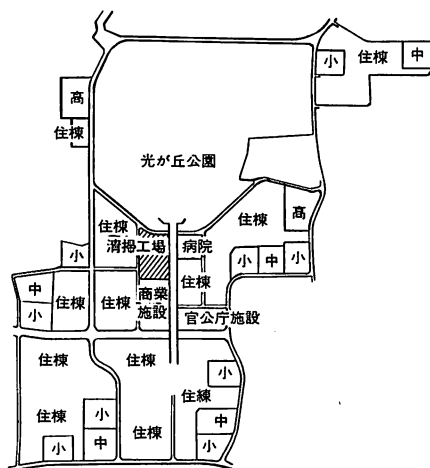


図-1 光が丘団地開発計画図

東京電力(株)、東京瓦斯(株)、銀行団等が出資して昭和56年に設立した会社である。同社は昭和58年から品川区八潮団地と練馬区光が丘団地の熱供給を開始した。

(2) 熱供給システムの概要

光が丘団地の熱供給システムの概念図を図-2に示す。

光が丘工場のタービン排気という低レベルの排熱を、隣接する東熱のセンタープラントの蓄熱槽が受け入れ、そこから団地内の住棟や施設に付設したサブステーションに低温(20~26℃)の熱源水を送る。サブステーションでは、熱源水からヒートポンプを利用して暖房及び給湯用に60℃の温水を供給している。

熱供給の内訳は、暖房と給湯を行う住宅が9,350戸、給湯のみを行う住宅が2,650戸である。施設には暖房と給湯のほか、場所により冷房も供給している。

センタープラントには、熱源水をためておく合計5,200㎡の蓄熱槽と、サブステーションへの熱源水を送る熱源水供給ポンプと清掃工場へ熱源水を送って熱回収する熱源水循環ポンプがある。そのほかに、水熱源ヒートポンプを設け冷水を作り、近接する施設に直接、冷水を送っている。また、清掃工場からの排熱供給が停止したとき等のために、ボイラを2台設置しているほか、空気熱源ヒートポンプとヒーティングタワーも設置している。

サブステーションは、概ね各棟に1か所づつあり、最終的には120か所となる予定である。サブステーションには、ヒートポンプが数台あり熱源水から熱を汲みあげて60℃の温水を作り、温水供給ポンプにより各戸に給湯と暖房用の温水を供給している。

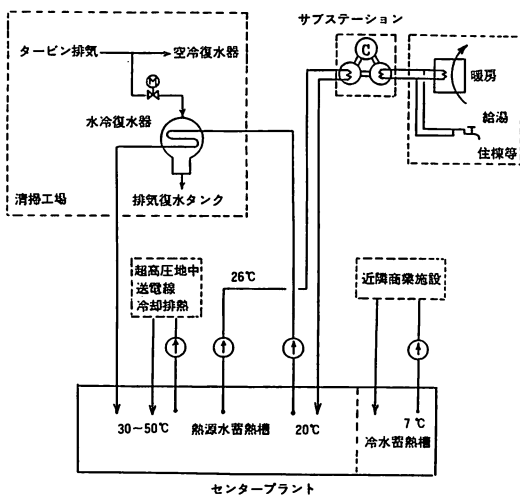


図-2 光が丘地域熱供給システム概念図

この方式の特徴は次のとおりである。

- ①地域配管内を流れる熱源水の温度は20~26℃であり、地中温度とあまり変わらないため、熱損失は少ない。
- ②サブステーションを住棟建設工期に合わせて建設すればよく、投資が効率的に行える。
- (3) 熱源水負荷熱量変動

昭和61年の冬のある1日の熱源水負荷熱量変動の例を紹介する。

1時間毎の給熱量が日平均値を超える時間帯は17時~01時までと10時~11時までであった。特に、19時から24時までの各時間平均値は、日平均値の1.6~2.0倍と高くなっていた。逆に特に少ないのは2時~9時までで、各時間平均値は日平均値の30~60%であった。しかし、これらの負荷変動は蓄熱槽により平準化されるので、清掃工場の給熱負荷への影響は少ない。

3. 光が丘清掃工場の焼却熱利用

光が丘清掃工場はグラントハイツ跡地開発計画の中で図-1のように計画され、昭和58年10月から本格稼働している。

3.1 光が丘清掃工場の概要

光が丘清掃工場は、敷地面積23,700㎡のなかに建築面積5,969㎡5階建ての工場棟と建築面積574㎡3階建ての管理棟とを渡り廊下でつなぎ、地域との調和を保つように隅部に丸みをもたせて意匠にも工夫して造られた工場である。緑化面積は約8,400㎡で、高中木約1,900本、低木約11,600株を植えている。

光が丘清掃工場の設備フローを図-3に、また余熱利用に関連した主要設備の諸元を表1に示す。

収集車で運びこまれたごみは、計量機で受け付けてごみの重さを計り、運搬者にはごみ運搬伝票を発行する。計量後、収集車はごみをバンカに投入する。ごみバンカの公称容量は3,700㎡で、3日分以上のごみを貯留することができる。ごみバンカ内のごみは、ごみクレーンにより焼却炉へ投入される。ごみクレーンの形式は天井走行クレーンであり、バケット容量は小型収集車約1台弱分に相当する3.5㎡である。

焼却炉は1日24時間連続で燃やし続ける機械炉で、形式は三菱マルチン式である。能力は150t/日・炉×2炉であるが、通常は地元との協定に基づき1炉稼働としている。ごみは750℃~900℃で焼却され、燃えたあとに残る灰(もえがら)は、焼却炉の下に置かれた冷却水槽で冷却された後、灰バンカ(容量470㎡)に灰コンベアで移されて貯留される。この焼却灰は灰

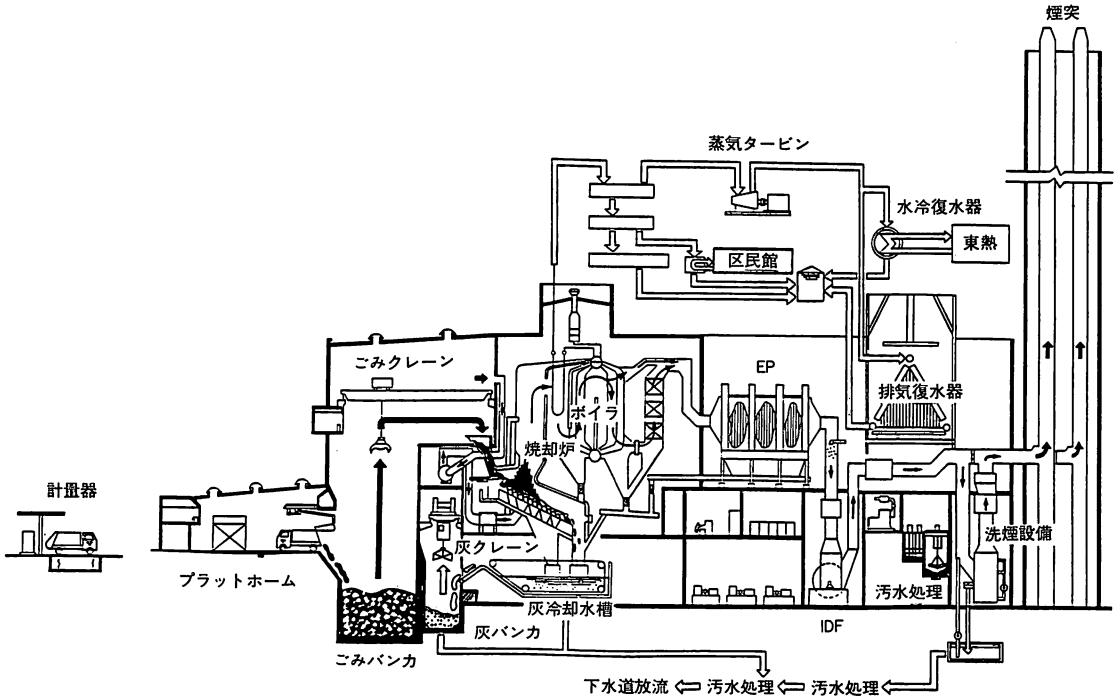


図-3 光が丘清掃工場ごみ処理の流れ

クレーンによりダンプトラックに積み込まれ、中央防波堤外側埋立処分場に運ばれる。灰クレーンも天井走行クレーン形式で、バケット容量は2.4m³である。

ごみを燃やすために必要な空気は、ごみバンカ内の上部から吸い込んで蒸気式空気予熱器で約180℃に温めた後、焼却炉の下部に吹き込まれる。したがって、ごみバンカからの悪臭は漏れにくくなる。

焼却に伴う高温排ガスは、ボイラにより300℃以下に冷却された後、電気集じん機（EP）によりばいじんを捕集する。燃焼排ガスは、次に、湿式洗煙設備を通して、か性ソーダを含む水で洗浄することにより、塩化水素や二酸化いおうなどを除去してから、150mの高い煙突で大気中に排出し拡散される。この結果、ばいじん濃度0.03g/Nm³以下、SOx30ppm以下、HCl 25ppm以下（O₂12%換算値）の公害防止基準を守っている。また、触媒脱硝設備によりNOxの排出も抑制し、100ppm以下（O₂12%換算値）で排出している。

灰を冷却したり洗煙に使った水は、重金属を除去した後、公共下水道に放流している。

焼却により発生した熱は、自然循環式水管ボイラにより蒸気として回収する。ボイラ蒸発量は常用23.2 t/h・炉であり、発生蒸気は工場内でごみ焼却用熱源として使われるほか、次の余熱利用に使用される。

①旭町南地区区民館の給湯暖冷房用とプール加熱用熱源として使われる。このため、130℃の高温水を作る熱交換器（1.5Gcal/h）を設置している。

②4,000kWの出力を持つ蒸気タービン発電機を設け自家発電し、工場内の動力や照明を賄うほか、余りが出るときは東京電力㈱に売っている。

③発電に使った蒸気は40～60℃まで低下しているが、この後に水冷復水器（8 Gcal/h）を設置し、この冷却水として東熱からの熱源水を用いている。水冷復水器に送られた熱源水は40～50℃に温められ、東熱のセンタープラント内蓄熱槽に戻る。この熱源水の吸収した熱が、光が丘地区の地域給湯暖房用熱源の一部として使われている。

3.2 蒸気利用方式

ごみ焼却熱は、スーパーヒーター付きボイラで約300℃の蒸気として回収している。蒸気復水フローを図-4に示す。

蒸発量は、ごみ焼却量とごみ発熱量により変動する。通常は、蒸発量を一定に保つように操作するので、所望する焼却量となるようにときどき蒸発量設定値を変える。焼却炉に入ってくるごみ組成や水分は時時刻刻変化するので、蒸発量を正確に一定に制御することはできないが、概ね±5～7%の変動に収まる。

表1 余熱利用関連の主要設備の諸元

(1) ごみ焼却炉	
能力および炉数	150 t/日・炉×2 炉
設計ごみ質 (低位発熱量)	最小 1,200 kcal/kg 平均 1,900 kcal/kg 最大 2,700 kcal/kg
焼却炉方式	ストーカ式連続焼却炉
炉温	750 ~ 900 °C
灰の熱灼減量	5%以下
(2) 蒸気ボイラ	
形式	二胴曲管型自然循環式
蒸発量および基数	(常用) 23.2 t/h・基×2 基 (最大) 30.0 t/h・基
蒸気圧力	(常用) 21.5 kg/cm ² g (最大) 25.0 kg/cm ² g
蒸気温度	(常用) 280 °C (最大) 350 °C
給水温度	140 °C
伝熱面積	約 1,350 m ²
(3) 蒸気タービン・発電機	
形式	単気筒衝動式復水タービン
出力および基数	4,000kW × 1 基
入力蒸気量	30,260 kg/h
入力蒸気圧力および温度	20ata, 275 °C
出力蒸気圧力および温度	0.3ata, 68 °C
発電機形式	横軸回転界磁同期式
発電機出力	4,000kW/6,600 V
(4) タービン排気復水器 (空冷復水器)	
形式	強制空冷真空式
復水容器	33.33 t/h
交換熱量	17.61 Gcal/h
ファン	37kW × 8 台
復水温度	67 °C
伝熱面積	約 32,752 m ²
(5) 給熱用熱交換器 (水冷復水器)	
形式	表面式復水器
交換熱量および基数	8 Gcal/h × 1 基
入口蒸気圧力および温度	0.2 ata, 59.6 °C
入口冷水温度	10 °C
出口温水温度	45 °C
冷却面積	180 m ²

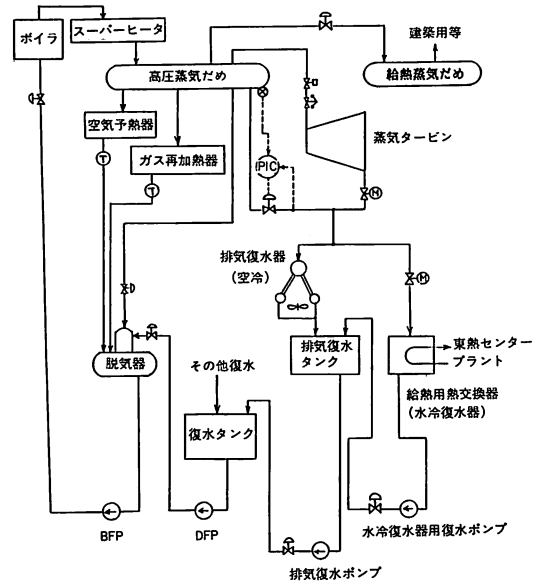


図4 蒸気・復水フロー

3.3 発電容量の設定

発電容量はタービン向け蒸気量と排気圧力で決まる。清掃工場は、通常、内陸に建てられるため海域や河川から冷却水を得にくいこともあり、空冷復水器を採用する。空冷復水器は設置面積が広く、また騒音源でもある。したがって、空冷復水器をあまり大きくするのを避けるため、排気圧力はある程度しか下げることができず、通常0.2~0.3ataとされている。光が丘工場では、0.3ataを採用した。

タービン向け蒸気量は、最高設計発熱量のごみを焼却したときに得られる最大蒸発量のうち、空気予熱器、脱気器、排ガス再加熱器等のプラント用と工場内給湯・暖冷房用に使用する蒸気以外の蒸気のすべてを利用することとして計画した。

このほかに、送電線の容量に関して非発電時の受電電力と最大発電時の逆送電力とのバランスを考慮し、4,000kWの発電機を設置した。

3.4 発電

光が丘工場と東京電力(株)との給電関係は、出入自由になっており、タービン発電機は主圧制御により運転している。

1 炉焼却では所内負荷にはほぼ見合っており、2 炉焼却(年間約40日)では約3,300kW発電して約1,500kW逆送している。ちなみに、62年度の総発電量は1,410万kWで、このうち、227万kWhを逆送した。

3.5 熱供給

(1) 給熱用熱交換器

給湯・暖冷房などは、できるだけ温度レベルの低い熱源を用いることがエネルギーの高度利用の面で優れている。復水タービンの排熱は低温のため、これまでは利用されずに大気中に捨てられてきたが、給熱用熱交換器として水冷復水器を設け、40~60°Cの低圧蒸気から30~50°Cの冷却水を得て、これを用いて20~26°Cのヒートポンプ用熱源水を作ることにより、地域給湯暖房用熱源として有効利用している。

水冷復水器は冷却面積180㎡で8 Gcal/hの能力を有し、空冷復水器と並列に設置した。なお、空冷復水器は、水冷復水器を使用しないときのことを考慮して、ボイラ蒸発量全量の容量を持たせてある。

(2) 熱供給の実績

62年度における東熱に対する熱供給量は、29,192 Gcalであり、東熱による給湯暖房用給熱量の約70%を清掃工場排熱で賄っている。

(3) 故障

昭和58年の使用開始以来、水冷復水器、冷却水導管とも故障は発生していない。昭和63年に水冷却器を開放点検したが、内部はかなりきれいであり亜鉛防食板もほとんど減耗していなかった。

(4) その他

冷却水出口温度を高くしたい場合、排気蒸気入口弁を開度を大きくするだけでなく、空冷及び水冷復水器の真空度を下げて排気蒸気温度を上げることも必要となる。したがって、発電にとっては効率の悪い運転も

せざるをえず同一の蒸気量での発電量の低下をきたすことになる。焼却量の少ない部分負荷時には、ボイラ蒸発量の変動の影響を受けやすくなるため、タービントリップに対する備えや保管上からも、空冷復水器への通蒸は必要である。

3.6 熱供給協定

東熱との協定による最大熱供給量は、8 Gcal/hであるが、清掃工場はオーバーホール等により定期的に停止することがあるほか、予定外の故障休炉もあるので、工場から常に熱を送らなければならないという義務は課せられていない。

4. おわりに

地域暖冷房は大気汚染防止に効果がある。清掃工場の排熱を地暖センターが利用することによって、そこからのばい煙発生が無くなるということは更に望ましいことである。東京都環境保全局では「地域暖冷房計画推進に関する指導標準」において、計画区域内のごみ焼却場等の排熱の利用を勧めている。排熱の利用方法には、焼却熱を回収したボイラの高温蒸気と熱交換して利用する方法もあるが、当工場では、蒸気タービンで使用した後の低レベルの排熱をヒートポンプ用熱源水の加熱のために利用して、排熱利用を効率的に進めているので、省エネルギーを一層進めたといえる。

東京都清掃局は、今後ともごみのエネルギー化・資源化を可能な限り追及していくものであり、そのためには諸分野からの一層のご指導、ご協力を得ることが不可欠と考えている。

