

本研究では東京都 23 区において 2019 年度現在稼働中でかつ熱供給事業を行っている清掃工場を対象として、熱供給事業を中心とした排熱利用に関する実態調査を行い、豊島清掃工場に関しては熱供給事業のシステム構成、供給熱量の月変動・時刻変動、周辺の熱需要についての詳細分析を行うことで清掃工場排熱利用拡大の可能性を検討した。

2. 清掃工場における熱供給事業の実態調査

東京都 23 区には 21 の清掃工場がある。2019 年現在建て替え工事中の 2 件を除いた全ての工場が清掃工場排熱を利用した発電事業を行い、工場内で利用する電力を賅って余った電力を売電している。その一方で、熱供給事業は港、大田、渋谷の 3 工場においては稼働中であるが行っていない。東京都 23 区の清掃工場のうち 2019 年現在熱供給事業を行っている 16 工場について熱供給事業の実態を調査し、表 1 に結果を示した。

有償熱供給を行っているのは品川、板橋、新江東、有明の 4 工場のみであり、有明と品川は地域熱供給を行っている熱供給事業者に対して、新江東と板橋は都立施設に対して有償熱供給を行っている。その他の熱供給事業は全て無償である。

地域熱供給への熱供給を除くと、世田谷以外の全ての工場が屋内プールもしくは浴室を有する施設への熱供給を行っている。熱媒は高温水が最も多く 21 件、温水が 6 件、蒸気が 4 件であり、高温水が最も多い。図 1 に示すように、施設用途は屋内運動場が 15 件で最も多く、次いで社会教育・研修施設 9 件、老人福祉施設 7 件、植物園 2 件の順となった。その他の施設用途は 1 件ずつとなっている。老人福祉施設を含む給熱先は全て浴室を有していた。熱媒と施設用途について関連性は見られなかった。

2018 年度における年間ごみ焼却量とごみ発電電力量との関係を図 2 に、場外供給熱量との関係を図 3 に示す。中央の場外供給熱量に関しては場外熱供給事業に利用した蒸気の重量データしか得られなかったため、その蒸気を持つエネルギーを潜熱とみなして計算によって求めた。このとき潜熱は 2260kJ/kg として計算し、表 1 においては()内に示している。練馬は場外熱供給事業を 2019 年度から開始したため場外供給熱量のデータを記載していない。

焼却量と発電電力量は相関を示した。新江東は焼却量 400kt/年 、発電電力量 171GWh/年 と突出して規模が大きい。焼却量については新江東を除くと中央が 159kt/年 で最も大きく、次いで

品川 157kt/年 、足立 154kt/年 、杉並 151kt/年 の順となった。これらの 4 工場については特に差が小さい。一方、焼却量が最も小さいのは世田谷で 68kt/年 、次いで多摩川 77kt/年 、有明 82kt/年 の順となっている。発電電力量については新江東に次いで杉並 94GWh/年 、練馬 88GWh/年 、中央 85GWh/年 の順である。発電電力量の最小値は有明の 13GWh/年 であり、これに次ぐ世田谷の 35GWh/年 とは少し開きがある。

焼却量と場外供給熱量は相関を示さなかった。品川と有明では地域熱供給を行っており、 711TJ/年 、 194TJ/年 と場外供給熱量が大きい。その他の工場の場外供給熱量については焼却量が最も大きい新江東が 32.9TJ/年 で最も大きく、次いで豊島 18.6TJ/年 、千歳

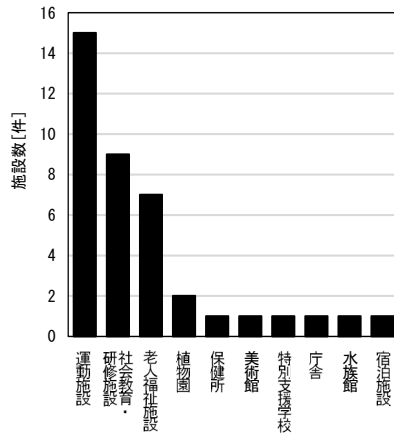


図1 給熱先施設用途 (2019 年度)

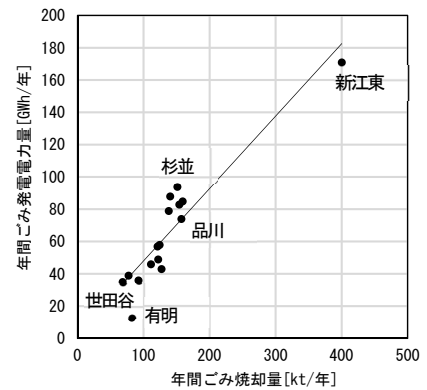
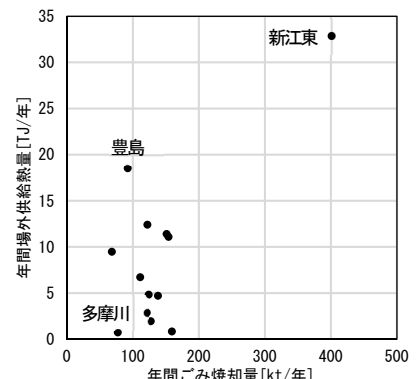
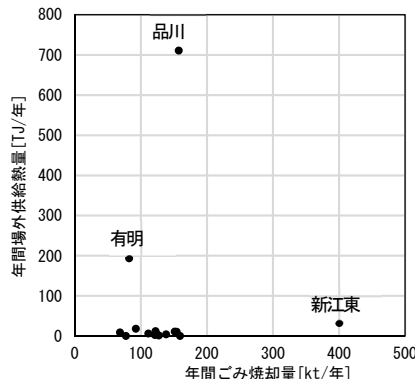


図2 年間ごみ焼却量とごみ発電電力量の関係 (2018 年度)



(1) 熱供給事業を行う全工場について

(2) 品川・有明を除く工場について

図3 年間ごみ焼却量と場外供給熱量の関係 (2018 年度)

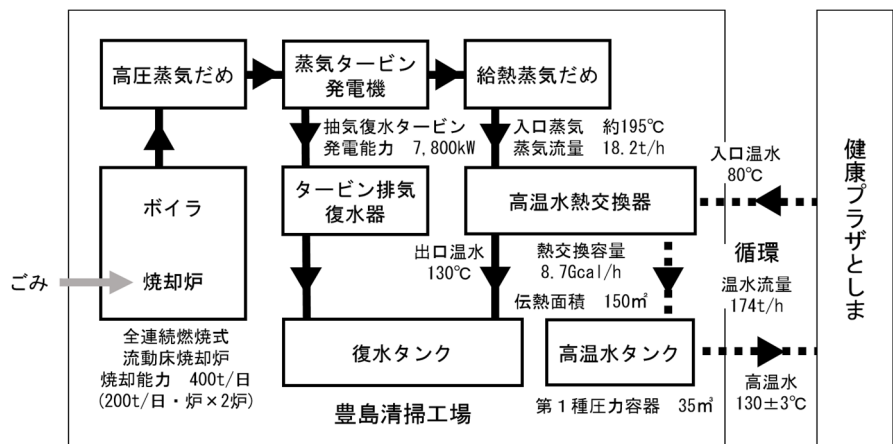


図4 豊島清掃工場における熱供給事業フローチャート

12.4TJ/年の順であった。有明は焼却量が82kt/年と小さいにも関わらず大量に熱供給を行っており、発電に利用できる蒸気量が少ないため、他施設と比較して焼却量に対する発電電力量が小さくなっていると考えられる。場外供給熱量の最小値は多摩川の0.75TJ/年、次いで中央0.85TJ/年、江戸川2.0TJ/年の順となっている。1TJ/年未満の工場は多摩川、中央の2工場のみとなっているが、2018年度の1年間で月間供給熱量が0GJ/月となっているのが多摩川は7ヶ月、中央は3ヶ月あるためであると考えられる。場外供給熱量が3ヶ月以上0GJ/月となっている工場は他にはないが、北は2ヶ月、千歳と墨田は1ヶ月、0GJ/月の月がある。焼却量と発電電力量は相関を示している一方で焼却量と場外供給熱量の相関が示されないのは、場外供給熱量が焼却量に対して非常に小規模であり、場外熱供給に余力があることを示していると考えられる。

給熱先別の年間供給熱量が明らかになっているものの中で年間供給熱量が最も大きいのは711.4TJ/年の八潮団地への地域熱供給(熱源:品川)であり、臨海副都心への地域熱供給(熱源:有明)180.7TJ/年がこれに次ぐ。地域熱供給はこれらの2事業のみである。地域熱供給を除くと東京スポーツ文化館体育文化棟(熱源:新江東)の21.0TJ/年が最も大きく、次いで健康プラザとしま(熱源:豊島)18.6TJ/年、有明スポーツセンター(熱源:有明)13.3TJ/年、千歳温水プール(熱源:千歳)12.4TJ/年の順となった。年間供給熱量が10TJ/年以上の給熱先施設は以上の4施設のみであり、これらは全て屋内プールのある運動施設を含んでいる。屋内プールを持つ運動施設を含む給熱先のうち、月間供給熱量が0GJ/月の月が2ヶ月以下の施設中の年間供給熱量最小値は水元総合スポーツセンター体育館(熱源:葛飾)の2.0TJ/年であるが、2018年度の1年間でこの施設に対する月間供給熱量が0GJ/月の月はなかった。

年間供給熱量が5TJ/年以上10TJ/年未満の給熱先には9.5TJ/年の区立世田谷美術館(熱源:世田谷)、6.7TJ/年の元氣ぶらざ(熱源:北)、6.4TJ/年の都立夢の島熱帯植物園(熱源:新江東)、5.5TJ/年の東京スポーツ文化館宿泊棟(熱源:新江東)がある。一方年間供給熱量が0TJ/年の東京辰巳国際水泳場(熱源:新江東)を除いた年間供給熱量の最小値は都立板橋特別支援学校(熱源:板橋)の0.61TJ/年であり、次いで矢口区民センター(熱源:多摩川)の0.75TJ/年、ほっとプラザはるみ(熱源:中央)の0.85TJ/年、水元学び交流館(熱源:葛飾)の0.92TJ/年の順となっている。年間供給熱量が1TJ未満の給熱先は以上の4施設であり、月間供給熱量10GJ/月未満の月が0GJ/月の月を除いて複数ある給熱先は全体で都立板橋特別支援学校のみとなっている。

3. 豊島清掃工場における熱供給事業の詳細分析

3-1 熱供給事業のシステム構成

図4に豊島清掃工場の排熱による熱供給事業の流れを示す。豊島清掃工場と健康プラザとしまの間では流

量147t/時で温水が循環しており、健康プラザとしまから送られてくる温水を工場側で加熱し、130℃前後の高温水を作って送り出すことで熱供給を行っている。温水の加熱はごみ焼却排熱によって発生させた蒸気を蒸気タービンを一部経由させた後、熱交換容量36.4GJ/時の高温水熱交換器に約195℃で送ることにより行われている。場外供給熱量は健康プラザとしまに送り出した高温水と帰ってきた温水の温度差と温水の流量によって計算されている。清掃工場の年1回の定期点検補修期間には清掃工場からの熱供給が停止するため、停止中はガス焼き温水ボイラーで代用することにより熱を賄っている。

3-2 供給熱量の月変動と時刻変動

図5に豊島清掃工場における月別ごみ焼却量・ごみ発電電力量・場外供給熱量を示す。焼却量・発電量・供給熱量は夏期と冬期にピークを迎え、焼却量・発電量は6月に最小となる。焼却量は4~10kt/月の変動があり、発電電力量は焼却量とほぼ付随した変化をする。場外供給熱量は11月に最も小さく0.7TJ/月、夏・冬のピーク時に最も大きく2TJ/月となった。

図6に夏期・冬期における曜日別平均供給熱量を示す。本研究においては夏期の2ヶ月を7月、8月とし、冬期の2ヶ月を1月、2月としている。夏期には60~73GJ/日、冬期には54~66GJ/日に変動し、両時期とも日曜日に供給熱量が最小となる。夏期の供給熱量は5~10GJ/日程度冬期より大きい。健康プラザとしまでは清掃工場からの供給熱を全館の空調、給湯、プール水の温度管理に利用している。設備システムは確認できていないが、吸収式冷凍機が用いられていることが考えられ、その場合夏期の冷房負荷が非常に大きいため、夏期の方が冬期よりも空調に使うエネルギーが大きくなっていると考えられる。図7、図8に夏期と冬期の例外的な日を

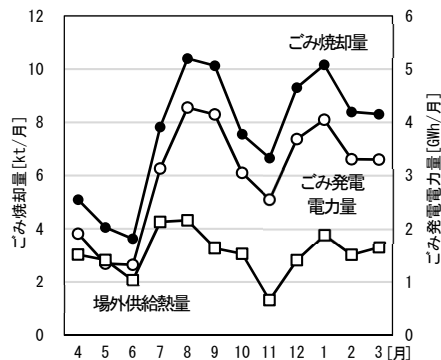


図5 豊島清掃工場月別ごみ焼却量—ごみ発電電力量—場外供給熱量 (2018年度)

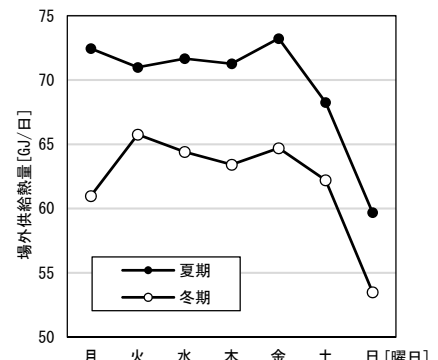


図6 豊島清掃工場曜日別平均供給熱量 (2018年度、例外的の日を除く)

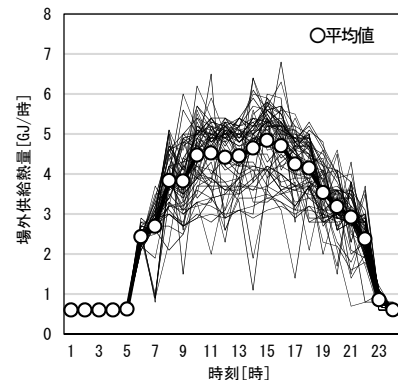


図7 豊島清掃工場夏期時間帯別供給熱量 (2018年7-8月、例外的の日を除く)

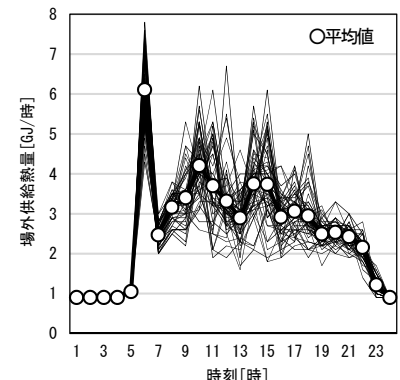


図8 豊島清掃工場冬期時間帯別供給熱量 (2019年1-2月、例外的の日を除く)

除いた各2か月分の時刻別場外供給熱量とその平均値を示した。供給熱量は夏期には明け方から徐々に増大し、15時近くで5GJ/時程度のピーク値を取ってから減少するが、冬期には早朝に尖頭負荷として6GJ/時程度のピーク値を取った後、日中は概ね3～4GJ/時程度の値を取りながら徐々に減少している。夏期は深夜の供給熱量はほぼ0.6GJ/時で一定の値を取るが、冬期には深夜の供給熱量が0.9GJ/時で一定となる。夏期、冬期ともに平均値に近い時刻変動をする日が多い。

豊島清掃工場から健康プラザとしまに対しての最大供給可能熱量は15.5GJ/時であり、この値は熱供給事業の拡大を見越して設定された値であることがヒアリング調査により明らかになっている。そのため夏期・冬期の場外供給熱量の時間変化を見てもかなり余力があると言える。

4. 豊島清掃工場周辺地域への提案

豊島清掃工場の排熱利用を拡大し、余剰排熱を十分に利用するため、大きな熱需要が見込まれる建物を抽出し、地域熱供給配管経路を提案した結果を図9に示す。清掃工場を中心とした1km四方の地域において地図上で建築面積概ね500㎡以上の建物を抽出して○で示し、また、1000㎡以上の非住宅施設を選定し、●で示した上で番号を書き振った。●で示される建物は全部で19件であった。抽出した建物に熱供給を行う配管を道路の下に埋設することを前提に太線で示す。●で示される19件の建物について事務所(標準型)、事務所(OA型)、病院、ホテル、店舗、スポーツ施設の6分類のうち最も実情に近いと思われるものに分類した上で各施設の延床面積から熱需要を推定し、表2に結果を示した。延床面積が公表されていない建物については概算値を()内に示す。建物6の商業施設は延床面積、合計熱負荷ともに最も大きく、それぞれ279931㎡、214.35TJ/年であり、全19件の建物の総延床面積532085㎡、総計熱負荷411.88TJ/年の半分以上を占めている。次いで合計熱負荷が大きいのは建物12の大学であり32.58TJ/年、最も合計熱負荷が小さいのは建物2の小学校であり、2.04TJ/年であった。豊島清掃工場の2018年度の低位発熱量は11828kJ/kgであり、年間ごみ焼却量が92kt/年であることから年間低位発熱量は1088TJ/年であると考えられる。これは19件の総計熱負荷の倍以上となっており、豊島清掃工場の排熱を利用してこれら全ての建物の熱需要を賄うことは十分可能であると考えられる。

現実的に熱供給事業を計画する場合には配管の敷設の容易さや各建物の現状の設備等を把握する必要があり、それらは今後の課題である。

5. まとめ

- 1) 東京都23区内において清掃工場排熱を利用した熱供給事業を行っている16の清掃工場について発電・熱供給事業の実態調査を行い、排熱利用状況を明らかにした。
- 2) 豊島清掃工場の詳細調査により、豊島清掃工場の排熱による熱供給事業の流れを整理した。ごみ焼却量・ごみ発電電力量・場外供給熱量の1年間の変動と夏期・冬期の場外供給熱量の時刻変動を明らかにした。
- 3) 豊島清掃工場周辺1km四方の地域における施設分布を調査し、大きな熱需要が見込まれる建物を抽出した。特に大きな熱需要が見込まれる建物については熱負荷を推定し、清掃工場周辺地域に十分な熱需要が見込まれることを確認した上で、清掃工場排熱を周辺地域に新たに供給する地域熱供給配管経路を提案した。



表2 豊島清掃工場周辺大型施設熱需要推計

図9 豊島清掃工場排熱による新規熱供給事業配管経路案

番号	用途	建物分類	延床面積 [㎡]	給湯負荷 [TJ/年]	暖房負荷 [TJ/年]	冷房負荷 [TJ/年]	合計熱負荷 [TJ/年]
1	庁舎	事務所(OA)	(7017)	0.05	1.73	3.88	5.66
2	小学校	事務所(標準)	(4731)	0.04	0.61	1.39	2.04
3	事務所	事務所(OA)	(5760)	0.04	1.42	3.18	4.65
4	病院	病院	(4992)	1.67	1.54	1.67	4.89
5	商業施設	店舗	(14140)	1.36	2.07	7.40	10.83
6	商業施設	店舗	279931	26.91	41.01	146.43	214.35
7	事務所	事務所(OA)	9019	0.07	2.23	4.98	7.28
8	劇場・会議場	店舗	10630	1.02	1.56	5.56	8.14
9	商業施設	店舗	(6744)	0.65	0.99	3.53	5.16
10	商業施設	店舗	17058	1.64	2.50	8.92	13.06
11	商業施設	店舗	24375	2.34	3.57	12.75	18.67
12	商業施設	店舗	(23000)	2.21	3.37	12.03	17.61
13	大学	事務所(OA)	40360	0.31	9.97	22.30	32.58
14	事務所	事務所(OA)	11160	0.08	2.76	6.17	9.01
15	事務所	事務所(OA)	(8361)	0.06	2.07	4.62	6.75
16	事務所	事務所(OA)	25050	0.19	6.18	13.84	20.22
17	事務所	事務所(OA)	(14588)	0.11	3.60	8.06	11.78
18	商業施設	店舗	16577	1.59	2.43	8.67	12.69
19	商業施設	店舗	(8592)	0.82	1.26	4.49	6.58
合計			532085	41.18	90.86	279.83	411.88

謝辞

実態調査にあたり、ご協力くださった東京二十三区清掃一部事務組合の皆様、東京都23区内の清掃工場の皆様、および豊島区文化商工部学習・スポーツ課の皆様へ感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 東京都23区清掃工場平成30年度各年報, 2019
- 2) 平成30年度豊島清掃工場総合運轉日報 7月、8月、1月、2月分, 2018-2019
- 3) 東京二十三区清掃一部事務組合: 事業概要 令和元年度版, 2019
- 4) 新江東清掃工場平成30年度各熱供給量計算書, 2018-2019
- 5) 板橋清掃工場運営協議会資料, 2018-2019
- 6) (社)空気調和・衛生工学会: 都市ガスによるコージェネレーションシステム計画・設計と評価, 1994