

平成 26 年 6 月 4 日現在

機関番号：32689

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24760474

研究課題名(和文) 東京23区における熱負荷特性を考慮した清掃工場排熱の広域的熱利用に関する検討

研究課題名(英文) Study of the waste heat usage from garbage incineration plant in Tokyo 23 wards by considering the characteristic of the heat load

研究代表者

堀 英祐 (HORI, EISUKE)

早稲田大学・理工学術院・助教

研究者番号：20547046

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,400,000円、(間接経費) 420,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、未利用エネルギー源である清掃工場排熱を周辺の建物で広域的に熱利用することで地域スケールでの省エネルギー、CO2削減効果の可能性を検討した。地理情報システム(GIS)の空間解析手法を用いることで、清掃工場排熱量と建物側の熱需要量との関係から最適利用範囲を求め、シミュレーションにより省エネルギー、CO2削減効果を求めた。試算の結果、20箇所の平均で10.6%の省エネ、10.3%のCO2削減効果となった。

研究成果の概要(英文)：This study was to investigate the potential for energy conservation and CO2 reduction at the regional scale by using waste heat from garbage incineration plant extensively, which is unused energy source. By using special analysis methods of geographic information system, the waste heat supply range was decided from the relationship between the heat demand of buildings and the amount of waste heat from garbage incineration plant. Result of the simulation, it became the effect of reducing CO2 emissions by 10.3% and energy saving of 10.6% on average of 20 district.

研究分野：建築環境・設備

科研費の分科・細目：地球・都市環境

キーワード：清掃工場排熱 GIS 広域的熱利用 熱負荷特性

1. 研究開始当初の背景

エネルギー自給率が低い日本では、限られたエネルギー源を効率的に活用することが求められており、未利用エネルギーの活用はエネルギーの安定供給や省エネルギー対策としても重要である。特に、都市部に多く立地し 24 時間安定的な熱量が発生する清掃工場排熱は、貴重な未利用エネルギー源として有効活用が期待されている。

既に、清掃工場排熱は発電や温水プール等に利用されているが、その利用効率は欧州諸国と比較すると低く、日本では必ずしも効率的に活用されているとは言い難い状況にある。このことはエネルギー利用の効率化を進める上で大きな課題である。日本で清掃工場排熱の利用効率が低い主な要因として、熱供給の為に設備が整備されていないこと、発電効率が低く平均して 11%程度しか無いことなどが挙げられる。清掃工場排熱の利用効率を高める為には、発電効率を高める方法と熱利用量を増やす方法が考えられるが、設備の規模からすると現状の技術では発電効率は 30%程度が限界であり、既に平均発電効率が 40%近い火力発電所で発電された電力が供給されている状況で、エネルギー変換効率の低い電力を発電し続けることは、限られたエネルギーの最適利用の点からすれば無駄遣いしていると言わざるを得ない。

そこで、清掃工場排熱を発電利用から熱利用へ切り替えることで、限られた未利用エネルギーをより効率的に活用するために熱供給を受ける側の建物や地域の熱需要特性を分析し供給優先順位の高い地域を抽出するとともに、熱需要量と熱供給バランスを精査し、清掃工場排熱の広域的熱利用を行った場合の環境負荷削減効果について詳細な試算を行う。

2. 研究の目的

限られた未利用エネルギー源である清掃工場排熱をより効率的に活用する為には、清掃工場排熱量とそれを利用する側の熱需要量との需給バランスが重要である。清掃工場排熱はオーバーホール期間を除き、24 時間安定した熱量が供給可能である一方で、需要側の建物は季節間及び昼夜間の熱需要量の変動があり、一般的に考えて、春や秋などの中間期あるいは夜間などでは熱需要量が小さくなり、清掃工場排熱を使い切れないことが考えられる。また、夏期の昼間などでは熱需要量が大きくなり、清掃工場排熱が不足することが考えられる。こうした季節間あるいは昼夜間の熱需要量の変動が利用効率を低下させる大きな要因の一つであり、熱需要の変動を平準化させることが熱利用効率の向上につながることから、昼間に熱需要が大きくなる業務系建物が立地する地域と夜間に熱需要が大きくなる住居建物が立地する地域を組み合わせ、24 時間安定した熱需要が見込める宿泊系建物や医療系建物が立地する地域

の組み合わせを検討し、平準化された熱需要に対する排熱供給利用の環境負荷低減効果を定量的に示すことを目的とする。

3. 研究の方法

東京 23 区を対象とし、地理情報システム (GIS) を用いて町丁目単位で地域・建物特性 (建物用途別延床面積、グロス容積率、熱負荷) に関するデータベースを作成する。次に、東京 23 区内で稼働中の清掃工場についてごみ焼却排熱の利用実態を調査し、清掃工場排熱の熱供給可能性量について把握する。作成したデータベースをもとに、清掃工場からの熱の搬送距離や排熱供給量との関係から、清掃工場排熱の広域的な熱利用による省エネルギー、CO₂削減効果を得られる可能性の高い地域を抽出する。

抽出した地域に対して、実際に清掃工場排熱を供給した場合の省エネルギー効果、CO₂削減効果について試算を行い、清掃工場排熱の広域的な熱利用の環境負荷削減効果を定量的に示す。

(1) 東京 23 区の GIS データとして、東京都都市計画地理情報システムの建物データ (平成 18 年度) を用いる。この建物データには、都内全ての建物の建物用途、建築面積、階数等に関するデータが整備されている。このデータと建物の各種用途別のエネルギー消費原単位統計を用いて、東京 23 区内の町丁目単位での建物エネルギー消費量に関するデータベースを作成する。使用したエネルギー消費原単位の年間値を表 1 に示す。

表 1 年間エネルギー消費原単位

	一般電力 kWh/m ² ・年	冷房 MJ/m ² ・年	暖房 MJ/m ² ・年	給湯 MJ/m ² ・年
事務所	156.0	293.0	130.0	9.0
商業施設	225.9	522.5	147.0	96.0
宿泊施設	200.0	419.0	335.0	335.2
文化施設	54.7	92.1	238.7	0
集合住宅	20.9	33.0	84.0	125.8
厚生医療施設	170.0	335.0	310.0	335.0
官公庁	170.1	298.9	208.9	55.7
スポーツ・興業	200.1	293.4	180.0	265.8
住商併用	168.2	217.2	117.6	147.5
住居併用工場	45.0	75.3	159.0	200.9

(2) 東京 23 区内で一般可燃ごみを焼却処理している 20 箇所の清掃工場に対して、熱供給利用可能な排熱量を試算するため、稼働実態調査を行う。年間可燃ごみ量とごみの低位発熱量から年間発生熱量を求め、プロセス利用等の熱量 (清掃工場内での利用熱量、回収不可能な熱量等) を除いた利用可能熱量に対して、有効エネルギーの割合を考慮して、排熱

供給量を設定する。有効エネルギーの割合は、利用可能熱量に対して10%、20%、30%、40%、50%の5段階で設定した。(以下、排熱利用率とする。)

(3) 町丁目単位の建物・地域特性データベースを基に、熱負荷密度や時刻別の熱負荷変動パターン等の特性から、広域的熱利用の為の熱の供給先として効率良く熱を利用出来る地域を抽出する。更に、清掃工場排熱の利用可能量や、抽出した地域との熱の搬送距離等の関係から清掃工場排熱の広域的熱利用による省エネルギー、CO₂削減効果の得られる可能性の高い地域と排熱供給源となる清掃工場の組み合わせを整理する。排熱供給先の範囲の選定方法については、清掃工場に近い町丁目から順に熱負荷を積み上げ、熱負荷が変動し始める午前9時時点での年間最低値を、その供給範囲のベース熱負荷と定め、ベース熱負荷が排熱供給量を超える最初の町丁目までを排熱の供給範囲として定める。その際、各清掃工場から排熱の供給を受ける地域(町丁目)が重ならないように、ボロノイ分割により領域を分ける。

(4) 環境負荷削減効果について一次エネルギー消費量削減効果とCO₂排出量削減効果の試算を行う。効果試算の対象とするケースについては現状のエネルギー利用ケースを想定し、清掃工場では排熱利用により発電を行い、対象地域では電力及びガスをを用いて熱を製造するシステムを想定する。広域的熱利用による環境負荷削減効果は、これまで清掃工場が発電する事で得られていた環境負荷削減効果が無くなり、熱の搬送に係る動力の消費エネルギーが増加する一方で、広域的熱利用を行うことによる排熱供給先建物での電力・ガス消費量の削減効果の両方を勘案することによって求められる。排熱供給に係る搬送動力は、蒸気供給を想定し還水の搬送ポンプ動力を考慮する。ポンプ動力の消費エネルギーはヘーゼン・ウィリアムスの式を用いて求めた。

4. 研究成果

本研究では、地域レベルでの省エネルギー・CO₂削減対策として、未利用エネルギー源である清掃工場ごみ焼却排熱の広域利用について地理情報システム(GIS)の空間解析手法を用いて検討し、排熱利用量に応じた省エネルギー・CO₂削減効果を示す。以下に研究成果の概要を示す。

(1) 東京都都市計画地理情報システムの建物データ(建物用途、建築面積、建物階数)と、既往研究で調査・整理された各種用途別のエネルギー消費原単位統計値を用いて、東京23区内の町丁目ごとの建物エネルギー消費量に関するデータベースを作成した。図1にデータベースから作成した東京23区町丁目年

間熱負荷密度と清掃工場位置を示す。

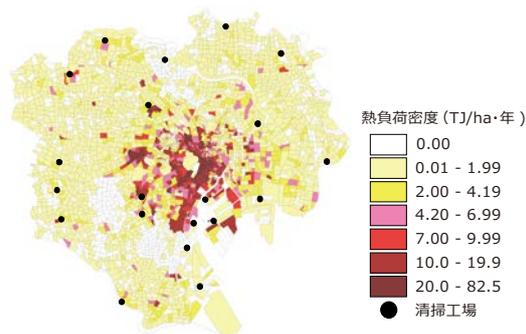


図1 東京23区町丁目熱負荷密度マップ

(2) 東京23区内に立地する一般可燃ごみを焼却処理している清掃工場の稼働状況を調査し、可燃ごみ量とごみの発熱量から試算されるごみ焼却排熱のエネルギー量を求め、積極的な熱供給利用を行った場合に施設外へ供給可能な熱エネルギー量を求めた。

(3) シミュレーションにより清掃工場排熱を周辺建物へ熱供給した場合の環境負荷低減効果を求めた結果、排熱利用率が高くなるほど環境負荷低減効果も高くなり、最大想定である50%利用時には、20箇所の平均で10.6%の年間一次エネルギー消費量削減、10.3%の年間CO₂排出量削減となった。

表2 省エネ率及びCO₂削減率

有効エネルギー割合	比較ケース年間一次エネルギー消費量[TJ]	排熱利用時年間一次エネルギー消費量[TJ]	省エネ率 [%]	CO ₂ 削減率 [%]
10%時	6,132	5,703	7.0	7.5
20%時	8,156	7,381	9.5	9.7
30%時	11,245	10,106	10.1	9.2
40%時	14,658	13,141	10.3	9.8
50%時	21,654	19,348	10.6	10.3

(4) 清掃工場排熱の供給範囲は最大で532町丁目まで拡大でき、東京23区全3131町丁目の17.0%に相当する。その時の供給対象建物の延床面積は3,301haで、5,000m²以上全建物延床面積22,546haの14.6%に相当する。また、排熱の利用熱量は3,287TJ/年となり、熱供給利用想定量の75.7%に相当する。

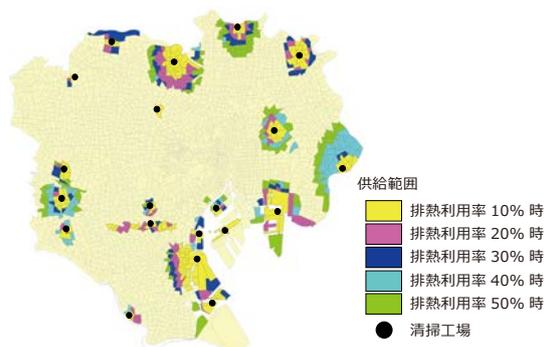


図2 清掃工場排熱の供給範囲

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕

該当無し

〔学会発表〕(計1件)

○井上友理, 堀英祐, 長谷見雄二 (2014),
東京 23 区における熱負荷特性を考慮した清
掃工場排熱の熱供給利用の検討, 2014 年度日
本建築学会大会 (近畿), 2014 年 9 月 14 日,
神戸大学

〔図書〕

該当無し

〔その他〕

該当無し

6. 研究組織

(1) 研究代表者

堀 英祐 (Eisuke HORI)

早稲田大学・理工学術院・助教

研究者番号：20547046

(2) 研究分担者

該当なし