

## 第1章 都市における人工排熱インベントリー

### 1.1 人工排熱の捉え方

都市には電力、ガス、化石燃料などが持ち込まれ膨大なエネルギーが消費されており、自然界とは異なる熱バランスが形成されている。そのため、都市におけるエネルギー消費はヒートアイランド現象の原因の一つとされている。本調査では、このような都市のエネルギー消費等に伴って環境に排出される人工排熱のインベントリーを作成することを目的とした。

本調査では、人工排熱を大気、水、土壌などの環境媒体が受ける熱量と定義し、その定量的把握手法を検討した。しかし、都市のエネルギーシステムは極めて複雑であり、人工排熱を把握するためには源流に遡った分析が必要であると考えられた。そこで、本調査では人工排熱を図1-1のように「供給段階」「消費段階」「排出段階」の3つの断面に分けて整理することにした。

供給段階は、都市に持ち込まれる電力、ガス、石油などの供給量（販売量）で捉え、このエネルギーが最終的にはすべて熱に変わり環境に排出されると考え、供給量に当該エネルギーの発熱量を乗じたものを、都市全体の人工排熱と見なすものである。

消費段階は、供給段階と同様に消費されたエネルギーが最終的にはすべて熱に変わると考え、電力やガス、石油などのエネルギーが個々の機器で使用される際の使用量で捉え、個々の使用量に当該エネルギーの発熱量を乗じたものを積み上げ、都市全体の人工排熱を求めるものである。

排出段階は、例えば建物や工場、自動車などの空調機や煙突、放熱器から大気、水などに排出される熱を直接捉えるもので、個々の機器から排出（熱交換）される熱量を積み上げて、都市の人工排熱を求めるものである。この場合、供給・消費段階がエネルギー消費だけを対象としているのに対し、排出段階の排熱は、例えば空調機の排熱に含まれる日射や人体発熱など自然由来の熱も含めて捉えている点が大きく異なる。つまり快適な空間を創り出すために室内の熱を屋外に排出する部分も加えて人工排熱と見なしている。

これら3通りの捉え方は、目的によって使い分けることが考えられる。例えば、都市に持ち込まれるエネルギーを総量としてマクロに捉えるのであれば供給段階の把握が適しており、省エネルギー政策など個々の需要家のエネルギー消費の状態も含めて捉えるためには消費段階の把握が必要になる。本調査のように、ヒートアイランド対策を念頭におく場合は、都市の気温等に直接影響を与える排出段階での把握が有効と考えられる。また、排出段階の把握は、日射や壁面貫流熱を取り入れることにより、建物の断熱性能の向上など、個別建物の対策を評価する指標としても活用することが期待される。一方、データの入手の点から見ると、排出段階の把握は入手できるデータに限界があり、消費段階のエネルギー消費が最も実態に即したデータが入手できる可能性がある。表1-1は、3つの捉え方の特性を一覧表にして比較したものである。

以下本調査では、エネルギー供給量から捉える供給段階の人工排熱量を「供給エネルギー量」、またエネルギー消費量から捉える消費段階の人工排熱量を「消費エネルギー量」、環境への排出熱量で捉える排出段階の人工排熱量を「環境への排熱量」と呼ぶことにする。環境への排熱量とは、概念的にはエネルギー消費量に空調システムからの空調排熱や換気ロス、温排水などの熱量を加えたものとして定義されるものである。

本調査では、東京 23 区を例にこの 3 つの方法で試算を試みた。第 1 章ではその全体像、第 2 ～ 4 章ではそれぞれの分野における推計方法について述べる。

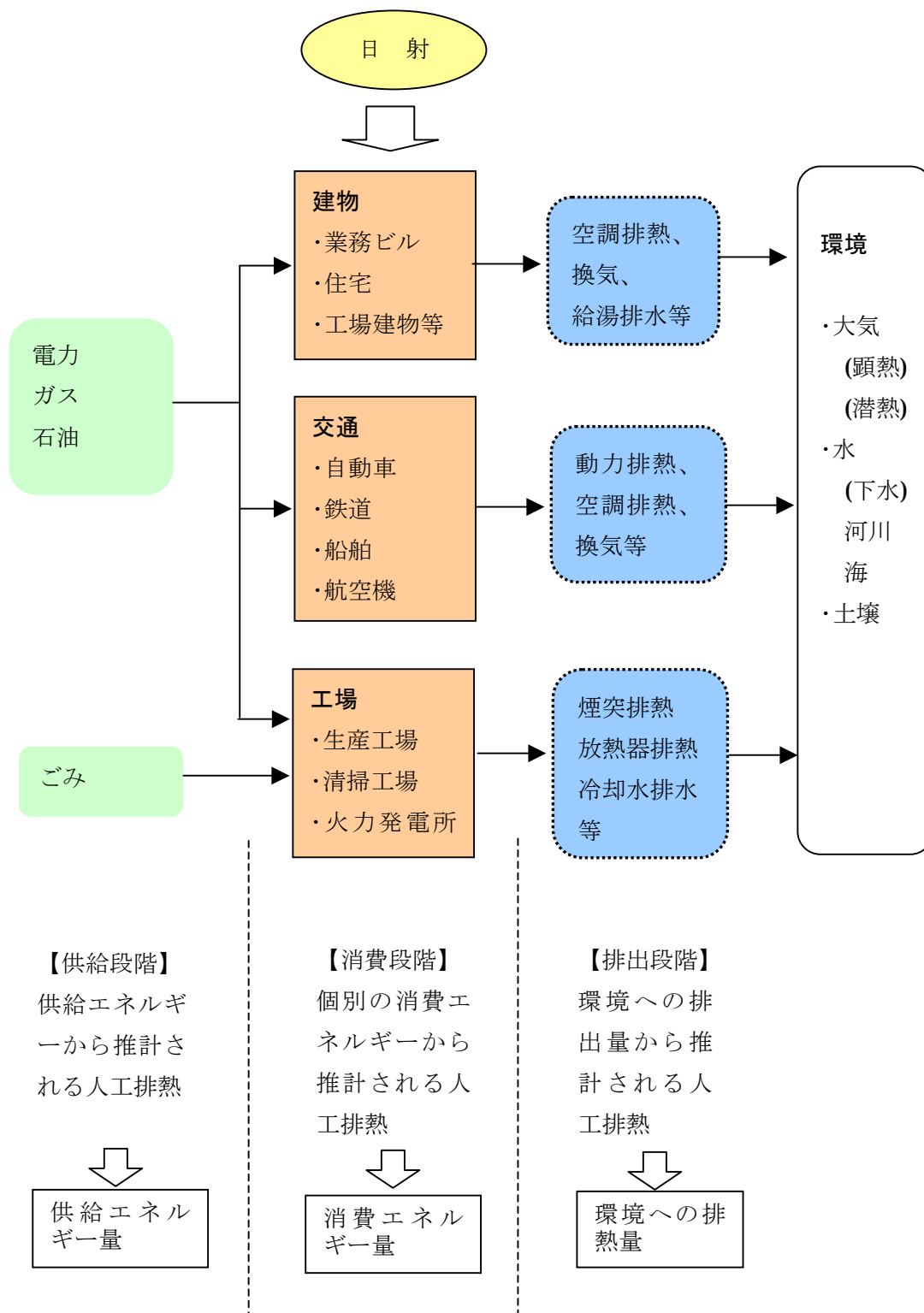


図 1 - 1 人工排熱の捉え方の模式図

表 1 - 1 3つの人工排熱の捉え方の比較

断面	供給段階	消費段階	排出段階
内容	電力会社やガス会社、石油販売会社から当該地域に供給される電力販売量、ガス販売量、石油販売量で捉える。	供給された電力やガス、石油製品が工場や家庭で消費される段階で捉える。例えば、家庭の電力積算メータで把握される日々の電力量や自動車で行った場合のガソリン消費量などが該当する。	空調機や放熱器から大気に排出される熱量、燃焼機器や給湯器から排ガスや冷却・温排水として大気や水に排出される熱量で捉える。
特徴	当該都市全体のエネルギー消費：人工排熱を大まかに捉えるには便利であるが、空間的、時間的な分布は把握が困難。	供給段階に比べると、貯蔵分などのない実質的なエネルギー消費：人工排熱となる。空間的、時間的な分布も把握できるが、排熱がどの環境媒体に排出されるかは推計しなければならない。	消費段階に比べると環境媒体に直接排出される排熱として捉えることができる。一方、空調機の排熱には、建物に入る日射や人体発熱など自然由来の熱も含まれるという点で、エネルギー消費量を元にした供給・消費段階の把握とは考え方が違っている。
求め方とデータの特性	販売量×発熱量で計算。月単位のデータで日単位のデータは公表されていない。 空間的・時間的な分布、排出先の環境媒体、顕熱／潜熱の割合などは推計しなければならない。	消費量×発熱量で計算。時間単位のデータとして把握することが可能で、空間分布も個別需要家の位置として把握することができる。 排出先の環境媒体、顕熱／潜熱の割合は推計しなければならない。	空調の排熱計算や燃焼機器の熱勘定などから計算される。例えば、建物の空調機のように排熱が集約されている場合には時間単位、建物別、顕熱／潜熱別の人工排熱として把握することが可能である。但し、排出先毎の排出量を全て把握するためには多くの実測データを必要とする。

## 1.2 都市における主な人工排熱源

### 1) 人工排熱源になる可能性のある施設等

都市において人工排熱源になる可能性のある施設等を、エネルギー消費の観点から列挙すると以下ようになる。

#### (1) 建物

事務所や家庭は、OA 機器や家電製品、空調機器、給湯器などの使用を通じて大きな排熱源になっていると考えられる。ここでは、排熱の特性から業務ビル、地域冷暖房、住居、地下施設の4つに分類した。

##### [業務ビル]

事務所、商業施設、ホテル、学校、その他が含まれ、主に営業用のエネルギー消費や空調排熱などが排熱に結びついていると考えられる。

##### [地域冷暖房]

上記施設のうち地域冷暖房から熱供給を受けている施設では、当該施設の排熱が地域冷暖房施設に集約されて排熱されることが考えられる。

##### [住居]

家電製品や空調、給湯によるエネルギー消費が排熱に結びついていると考えられ、戸建てと集合住宅では排熱状態が異なると考えられる。

##### [地下施設]

同じ商業施設でも日射が入らず換気形式の異なる地下施設は、排熱についても地下施設特有の特性があると考えられ、別途検討する必要があると考えられる。

#### (2) 交通

内燃機関を動力とする自動車、船舶、航空機、電力を使用してモーター等を駆動する鉄道(地上、地下)などが考えられる。

##### [自動車]

交通機関の中では最も大きな排熱源と考えられる。ガソリン等の消費量で排熱を捉えることができるが、排熱源としては時々刻々移動することが他と異なる。また、照明器具など道路付帯施設も一つの熱源と考えられる。

##### [鉄道]

車両走行によるエネルギー消費が排熱につながると考えられ、自動車と同様移動すること、また地上と地下を走行する場合には環境への排出形態が異なることが特徴として挙げられる。また、付帯施設としての駅も、例えば駅ビルなど商業施設と一体化したもののや地下鉄駅はエネルギー消費が大きいと考えられる。

##### [船舶]

港湾に停泊中の船舶や港内を航行する船舶のディーゼルなどの内燃機関からの排熱が考えられる。また、港湾施設では荷捌き施設の他、保冷用倉庫などのエネルギー消費や空調排熱などが想定される。

[航空機]

空港に離着陸する航空機、駐機中の航空機のエンジンで消費される燃料も排熱源になると考えられる。また、空港施設では乗降客や貨物の輸送、照明設備などで消費される電力等が排熱源になると考えられる。

**(3) 事業所排熱**

工場の生産工程で消費されるエネルギー、また清掃工場で燃焼されるごみのエネルギーや火力発電所で燃焼される化石燃料のエネルギーのうち利用されないものは排熱として環境に排出されると考えられる。

[工場]

溶融炉やボイラーなど所内に燃焼施設を持つ工場、化学反応等で生成される熱、電力を動力源とする生産機械などは、排熱源と考えることができる。なお、工場の建物（例えば照明や空調）については、建物（その他）で捉えることとし、ここでは生産工程でのエネルギー消費、排熱を対象にする。

[清掃工場]

燃焼されるごみのエネルギーのうち発電や熱供給に利用されない部分は、未利用熱として環境中に放出されることが考えられる。

[火力発電所]

燃焼される化石燃料のエネルギーのうち、排煙や機器ロスとして大気中に排出される熱や温排水として水に排出される熱が排熱になると考えられる。

[下水処理場]

微生物による分解熱や汚泥焼却施設などが排熱源になると考えられる。

**(4) その他の排熱**

[建設工事]

建設工事現場で使用される重機、搬送機器などのエネルギー消費が排熱につながると考えられる。

[廃棄物埋立処分場]

埋立処分された物質の分解に伴う熱などが排熱源になる可能性がある。

本調査では、これらの施設等について人工排熱源になる可能性とその程度を把握するため、消費段階の消費エネルギー量、排出段階の環境への排熱量をそれぞれ算出することとした。

**2) 人工排熱源とその主な熱源機器等**

人工排熱を消費段階、排出段階で捉える場合、注目する熱源（機器）がそれぞれ異なる。例えば、建物の消費段階では事務機器や照明器具のようなそれぞれの機器の消費エネルギー量に注目するが、排出段階ではこれら機器から排出された熱が空調負荷に集約されると考え、空調機の排熱量に注目する。表1-2に、それぞれの把握方法の違いと熱源を明らかにするために、消費・排出段階で注目する主な熱源を整理した。

表 1-2 消費段階、排出段階で対象とする主な熱源機器

人工排熱源の種別		消費段階の主な熱源機器 (消費エネルギー量)	排出段階の主な熱源 (環境への排熱)
建 物	業務ビル (事務所、商業施設、ホテル、学校、その他) 注) 工場建物はその他に分類	事務用機器、照明、空調、換気装置、厨房機器、給湯器	大気 (空調排熱、換気ロス) 水 (給湯排水) 土壌 (地下室壁面貫流) 注) 建物内の熱源はすべて空調負荷に集約されると考える。
	地域冷暖房	ボイラー、冷凍機、冷却塔	大気 (冷却排熱、排煙) 水 (給湯排水) 注) 給湯は供給先の建物で排出される。
	地下施設 (商業施設)	照明、空調、換気装置、厨房機器、給湯器	大気 (空調排熱、換気ロス) 水 (給湯排水) 土壌 (壁面貫流)
	住宅 (集合住宅、戸建住宅)	家電機器、照明、空調、厨房機器、給湯器、風呂釜	大気 (空調排熱、換気ロス) 水 (給湯・浴室排水)
交 通	自動車 車両走行	エンジン (発電機、空調機)	大気 (排ガス、放熱器、駆動ロス、空調排熱、換気ロス)
	道路施設	照明、換気装置	大気 (照明発熱)
	鉄道 (地上) 車両走行	モーター等駆動装置、空調、照明	大気 (放熱器、駆動ロス、空調排熱、換気ロス)
	駅舎 注) 駅ビルは建物の商業施設に分類	照明、空調、改札・券売機	大気 (照明発熱、空調排熱)
	鉄道 (地下) 車両走行	モーター等駆動装置、空調、照明	大気 (放熱器、駆動ロス、空調排熱、換気ロス)
	地下駅等 注) トンネル、駅舎、コンコース (これらは一体的に空調されている)	照明、空調、換気装置、改札・券売機	大気 (空調排熱、換気ロス) 土壌 (壁面貫流)

	船舶 船舶停泊・航行	エンジン (発電機)	大気 (排ガス、空調排熱、冷却水)
	港湾施設 注) 運搬機、冷凍倉庫・コンテナなど	エンジン・モーター等駆動装置、空調、冷凍機	大気 (排ガス、放熱器、空調排熱)
	航空機 航空機離着陸	エンジン (発電機)	大気 (排ガス、放熱器、空調排熱)
	空港施設 注) 荷物運搬機器など	照明、エンジン・モーター等駆動装置、ボイラー、給湯器	大気 (排ガス、放熱器、空調排熱) 水 (給湯排水)
事業所	工場 注) 生産用に使われるエネルギーのみ。照明など建物関連は建物で計算される。	各種炉、ボイラー、モーター・エンジン等駆動装置	大気 (排煙、放熱器、排ガス) 水 (冷却排水、給湯排水)
	清掃工場	燃焼炉、ボイラー、発電機	大気 (排煙、放熱器) 水 (冷却排水)
	火力発電所	燃焼炉、ボイラー、発電機	大気 (排煙、放熱器) 水 (冷却排水)
	下水処理場	分解槽、ポンプ等駆動装置	大気 (分解熱、排煙) 水 (放流水)
その他	建設工事現場 注) 建設機械、所内運搬車両	エンジン・モーター等駆動装置	大気 (排ガス、放熱器)
	廃棄埋立処分場	廃棄物分解	大気 (分解熱) 水 (浸出水)

注) 消費段階の ( ) は同時に駆動されている機器を示す。

### 1.3 東京 23 区における供給エネルギー量、消費エネルギー量、環境への排熱量の計算

1.2 で想定した人工排熱源について、消費段階の消費エネルギー量と排出段階の環境への排熱量を夏季の東京 23 区について計算した。計算方法の概要を表 1-3 に示す（詳細は第 2～4 章を参照されたい）。排出段階では、排出形態を明らかにするため顕熱／潜熱／排水（給湯排水、冷却排水など）に分けて計算した（表 1-14 参照）。

また、供給段階の供給エネルギー量については、東京 23 区内における電気、ガス、燃料などの販売量を基本としたが、適当なデータが入手困難であったり、販売量と 23 区内に供給されるエネルギー量との間には違いがあることなどから、今回は【参考】として本節末にまとめた。

表 1-3 消費段階、排出段階の排熱量計算方法（東京 23 区・夏季）

排熱源の種別		消費/排出	計算方法概要
建物	業務ビル	消費段階	東京都「都における温室効果ガス排出量総合調査」の都内業務ビルで消費されるエネルギー量（建物用途別）に、建物用途別延床面積の比率[23 区／都内]を乗じ、23 区内業務ビルの年間エネルギー消費量を算出した。これを 365 日で割ったものを 1 日当たりの消費エネルギー量とした。（季節変動は考慮していない）
		排出段階	<p>建築設備竣工 DB（1980～1999）より建物用途別（事務所、商業施設、ホテル、学校、その他）規模別（延床面積）に空調機器の構成割合を求め、各空調機器から排出される排熱量をその構成割合によって合成し、建物用途別規模別原単位（W/m<sup>2</sup>）を求めた。</p> <p>次いで東京都 GIS データ（H8 年）より建物用途別規模別延床面積を求め、上記原単位を乗じて業務ビルからの顕熱・潜熱・下水別環境への排熱量を計算した。</p> <p>なお、平成 14 年度東京都が実施した「大規模事業所における CO2 排出実態調査」の対象となった大規模建物 59 棟については、同調査から個別の環境への排熱量を算出した。</p>
地域冷暖房		消費段階	上記業務ビルの消費段階における消費エネルギー量に含む。
		排出段階	H8 東京都 GIS で求めた供給先建物のエネルギー需要量（8 月の 1 日分）から地域冷暖房施設ごとのエネルギー供給量を DHC のタイプ別に算出し、設備余裕率を 20% として DHC から排出される顕熱・潜熱別の環境への排熱量を算出した。
地下施設		(対象外)	現在のところ排熱量を求める十分なデータがないため空調機器等の実態調査を実施した。（巻末資料参照）
住宅		消費段階	東京都「都における温室効果ガス排出量総合調査」の都内住宅で消費されるエネルギー量（世帯人数別）に、世帯人数別世帯数の比率[23 区／都内]を乗じ、23 区内住宅における年間消費エネルギー量を算出した。これを 365 日で割ったものを 1 日当たりの消費エネルギー量とした。（季節変動は考慮していない）
		排出段階	住居を集合住宅と戸建住宅に分け、尾島研究室データより 8 月の空調需要、給湯需要を求め、換気、日射を加味してこれに対応する空調機器、燃焼機器からの排熱量の原単位（W/m <sup>2</sup> ）を求め、東京都 GIS から集計した集合・戸建別延床面積をかけて集合・戸建別に、顕熱・潜熱・下水別の環境への排熱量を求めた。



交通	自動車	消費段階	幹線道路は <b>H11</b> 年道路交通センサス、細街路は <b>H10</b> 年 <b>OD</b> 表を基に車種別交通量（秋季の <b>1</b> 日）を求め、国土技術政策総合研究所資料（ <b>H13</b> ）から設定した車種別（4車種）速度別エアコンの使用を考慮した燃料消費率（ <b>L/km</b> ）をかけて燃料消費量を算出し、ガソリンの発熱量（ <b>H12</b> 省エネルギーセンター）をかけて消費エネルギー量を計算した。
		排出段階	上記消費段階の消費エネルギー量の計算方法と同様に空調機器を使用しない場合の消費エネルギー量を求め、上記との差分にエンジンのエネルギー効率を掛け、空調機器の動力負荷とみなし、自動車の空調機器の <b>COP</b> を <b>3</b> と仮定して空調排熱（空調動力負荷分を除く）を算出し、上記消費エネルギー量に加えて環境への排熱を算出した。また燃料消費量に燃料の発熱量（高位/低位）をかけて顕熱/潜熱別を計算した。
	道路施設	(対象外)	現在のところ排熱量を求める十分なデータがないため算出対象外とした。
	鉄道(地上) 車両走行	消費段階	収集資料、鉄道各社の環境報告書、鉄道統計年報を基に車両 <b>1</b> 台 <b>1 km</b> 当たりの消費エネルギー原単位（8月日平均）を求め、路線別時刻表（ <b>H15</b> 夏季）から求めた <b>23</b> 区内通過車両数をかけて走行中の消費エネルギー量を算出した。
		排出段階	上記夏季の消費エネルギー量と春季の消費エネルギー量の差を空調負荷分とみなし、空調機器の <b>COP</b> を <b>3</b> と仮定して空調排熱（空調動力分を除く）を算出し、上記消費エネルギー量に加えて環境への排熱を計算した。排熱は全て顕熱とした。
	駅舎	(対象外)	東京都 <b>GIS</b> の鉄道線路上にある運輸施設が対象となるが、排熱量が少ないと見積もられることから計算対象外とした。なお、駅ビルは東京都 <b>GIS</b> では商業施設に分類されており、商業施設として計算した。
	鉄道(地下) 車両走行	消費段階	地上走行と同様に車両 <b>1</b> 台 <b>1 km</b> 当たりのエネルギー消費量原単位（8月日平均）を求め、路線別時刻表から求めた <b>23</b> 区内通過車両数をかけ走行中の消費エネルギー量を算出した。求めた排熱はすべて顕熱として近傍の地下鉄駅舎の空調によって大気に排出されると仮定した。
		排出段階	地上走行の排出段階と同じ方法で空調排熱を計算し、消費段階の消費エネルギー量に加えて環境への排熱とした。排熱はすべて顕熱とし、近傍の地下鉄駅の空調によって大気に排出されると仮定した。
	地下駅等	消費段階	収集資料より路線毎にトンネル、地下駅、コンコースなどの空調に投入される電力消費量を求め、駅数で割って駅毎の消費エネルギー量を算出した。
		排出段階	車両走行+地下駅等の消費エネルギー量が駅に設置されている空調機に集約され空調排熱として排出されると考えられるが、十分なデータが入手できなかったため本調査では消費段階と同じと考え、すべて顕熱として排出されるとした。
	船舶 (停泊・湾内航行)	消費段階	「地域別 <b>PRTR</b> 非点源排出量推計マニュアル（ <b>H13</b> 年度排出量版）」による東京港における燃料消費量（ <b>kg</b> /年）を計算し、使用される燃料を <b>C</b> 重油と仮定して年間消費エネルギー量を計算し、 <b>365</b> 日で割ったものを <b>1</b> 日の消費エネルギー量とした。

		排出段階	冷却排水のデータがないため、環境への排熱量は上記消費エネルギー量と同じと考え、すべて大気に排出されると仮定した。なお、C重油の高位/低位発熱量から顕熱と潜熱に分けた。
	港湾施設	(対象外)	東京都 GIS の港湾にある運輸施設が対象となるが、排熱を推計できるデータがないため、本調査では対象外とした。
	航空機 (離着陸)	消費段階	「地域別 PRTR 非点源排出量推計マニュアル (H13 年度排出量版)」による羽田空港の運転モード別ジェット燃料換算した燃料消費量 (kg/年) を計算し、地上滑走及び離陸モードで使用されるジェット燃料に発熱量をかけて年間消費エネルギー量とし、 <b>365</b> 日で割ったものを 1 日当たりの消費エネルギー量とした。
		排出段階	環境への排熱量は上記消費エネルギー量と同じと考え、すべて大気に排出されると仮定した。なお、ジェット燃料の高位/低位発熱量から顕熱と潜熱に分けた。
	空港施設	(対象外)	東京都 GIS の空港にある運輸施設が対象となる。商業施設と同様の排熱原単位を仮定することもできるが、排熱量として大きくないと考え、本調査では対象外とした。
事業所	工場 (生産用)	消費段階	大気汚染物質総合排出量調査 (H8 稼働実績) による燃料使用量と、業種別燃料消費量と電力使用量比から求めた電力使用量を熱量換算して足し合わせ、年間消費エネルギー量を計算した。これと年間稼働時間を考慮して日消費エネルギー量を算出した。
		排出段階	環境への排熱量は上記消費エネルギー量と同じと仮定した。このうち、同調査より煙突から排出される排ガスの温度、ガス量、水分率などから顕熱、潜熱を求めこれを煙突からの排熱量とした。煙突がない場合や電力消費による消費エネルギー量は、地上施設から顕熱として排出されるものとした。
	清掃工場 (焼却)	消費段階	東京 23 区内 19 箇所の清掃工場のごみ組成別年間焼却量に各組成別の発熱原単位をかけて低位発熱量を求め、これに燃焼のための補助燃料の発熱量と煙突から排出される水分量から求めた潜熱量を足し合わせて年間の消費エネルギー量を計算した。これを稼働日数で割ったものを 1 日当たりの消費エネルギー量とした。
		排出段階	上記消費エネルギー量のうち、発電されて場外に売電されたり、熱供給された分を差し引いたものを環境への排熱量とした。なお、H14 清掃工場排ガス調査結果より煙突排ガスの温度、ガス量、水分量から煙突から排出される顕熱・潜熱を算出し、発電量のうち場内で使用される分は地上施設からの顕熱とし、残りの熱は放熱器から大気に排出されるものとした。
	火力発電所 (発電)	消費段階	2001 年の都内火力発電所の年間燃料消費量に対して、年ごとの気象要因などの変動を補正して平均年間燃料消費量を求め、東京電力の火力発電の月別発電計画 (2002) をもとに 8 月の月間燃料消費量を求めてこれを 31 日で割ったものを 1 日当たりの消費エネルギー量とした。発電量の一部は建物などの電力消費量として重複して計算されている可能性があることに留意。
		排出段階	上記消費エネルギー量から発電分を差し引いたものを環境への排熱量とした。排熱は「汽力プラントの熱勘定 (東京電力資料)」により煙突からの顕熱・潜熱、地上施設からの顕熱、公共用水域への温排水に配分した。

	下水処理場	消費段階	下水はある一定の水温を有し、また有機物を含んでおり、これ自体をエネルギー投入として捉えることもできるが、本調査では年間の受電量のみを対象に消費エネルギー量を計算した。
		排出段階 (対象外)	消費されたエネルギーが処理場から大気へ排出されるか、処理水に含まれて場外に搬出されるかが不明なため、対象外とした。
その他	建設工事	消費段階	東京都「都における温室効果ガス排出量総合調査」の都内建設工事で消費されるエネルギー量に、建設工事売上高の比率[23区/都内]を乗じ、23区内の建設工事に使用される年間消費エネルギー量を算出した。これを365日で割ったものを1日当たりの消費エネルギー量とした。(季節変動は考慮していない。)
		排出段階	環境への排熱量は上記消費エネルギー量と同じと考え、すべて大気に排出されると仮定した。なお、各種燃料の高位/低位発熱量から顕熱と潜熱に分けた。
	廃棄物埋立処分場	(対象外)	東京23区内の埋立処分場においては、排熱を伴うガス等は発電等有効利用されているが、その量は人工排熱全体から見れば小さいこと、また埋立処分場内の内部温度はある程度想定されるが表面温度については不明であるため、計算の対象外とした。

以上の方法で計算した東京23区における人工排熱（全熱）を表1-4に示す。

表1-4によれば、東京23区の消費段階の消費エネルギー量で見た人工排熱総量は**1,919TJ/day**であり、うち建物が**43%**、交通が**27%**、事業所が**28%**、その他が**2%**と建物排熱が約半分を占めている。一方、排出段階で捉えた環境への排熱量で見た人工排熱では、総量が**2,106TJ/day**であり、うち建物が**50%**、交通が**28%**、事業所が**20%**、その他が**2%**であった。両者は違う統計量から算出したものも含まれており直接比較することはできないが、排出段階では消費段階に比べて建物排熱の割合が増加し、逆に事業所排熱の割合が減少している。この差の一部は、夏季に建物の空調機器から排出される日射や人体に起因する排熱と考えることができる。

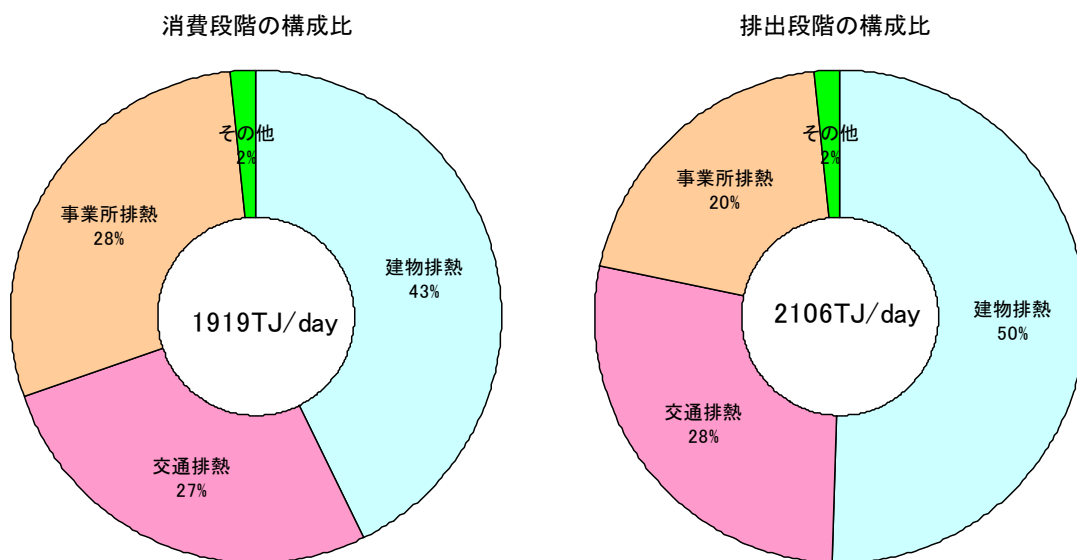


図1-2 東京23区の人工排熱源の構成比（消費段階・排熱段階）

表1-4 東京23区における人工排熱（全熱）インベントリー

熱源の種別			消費段階における 主な熱源機器等	[消費段階] 消費エネルギー量		[排出段階] 環境への排熱量		[供給段階][参考値] 供給エネルギー量 (TJ/day)	
				TJ/day	構成比	TJ/day	構成比		
建物排熱	業務ビル	事務所(工場建屋も含む)、 商業施設、ホテル、学校、 その他	事務機器、照明、空調、換気 厨房機器、給湯器	563.1	29.3	682.4	32.4	東京23区内電力販売量 684.2 東京23区内ガス販売量 351.9 東京都内の燃料販売量 1,895	
		地域冷暖房	ボイラー、冷凍機、冷却塔						95.1
	地下施設	照明、空調、換気、厨房機器、給湯器	—	—	—	—	(巻末資料参照)		
	住宅	戸建住宅	家電機器、照明、空調、換気 厨房機器、給湯器、風呂釜	255.6	13.3	175.3	8.3		
		集合住宅	家電機器、照明、空調、換気 厨房機器、給湯器、風呂釜						114.7
計				818.7	42.7	1,067.5	50.7		
交通排熱	自動車	(走行)	エンジン、ブレーキ、タイヤ、照明 空調、換気	472.9	24.6	529.7	25.1	東京23区内のごみ投入量 181 (補助燃料分は除く)	
		道路施設	照明						—
	鉄道	地上	(走行)	モーター、ブレーキ、車輪、照明 空調、換気	16.7	0.9	20.9		1.0
			駅舎	照明、空調、換気、改札・券売機					
		地下	(走行)	モーター、ブレーキ、車輪、照明 空調、換気	9.1	0.5	11.4		0.5
	船舶	(停泊、港内航行)	エンジン、モーター、空調、厨房 機器	5.8	0.3	5.8	0.3		
			港湾保安施設						エンジン、モーター、空調(冷凍)
	航空機	(アイドル、離着陸)	エンジン、タイヤ、照明、空調	10.6	0.6	10.6	0.5		
			航空保安施設						照明、モーター、エンジン、ボイ ラー、空調、給湯器、厨房機器
	計				520.8	27.1	584.1		27.7
事業所排熱	工場	(生産)	炉、ボイラー、モーター、エンジン	122.9	6.4	122.9	5.8		
	清掃工場	(焼却)	燃焼炉、ボイラー、発電機、制御 機器、エンジン	181.4	9.5	165.5	7.9		
	火力発電所	(発電)	燃焼炉、ボイラー、発電機、制御 機器、モーター	235.5	12.3	133.3	6.3		
	下水処理施設	(分解、処理、焼却)	分解槽、ポンプ、モーター	6.5	0.3	—	—		
	計				546.3	28.5	421.7	20.0	
その他	建設工事	(建設機械)	エンジン、モーター	33.1	1.7	33.1	1.6		
	廃棄物埋立処分場	(分解)	廃棄物分解	—	—	—	—		
	計				33.1	1.7	33.1	1.6	
合計				1,919	100	2,106	100		

注) — : 今回は計算対象外としたもの      ■ : 年平均値      ■ : 8月の推計値      ■ : エアコン使用時  
【熱源の種別】

- 熱源として可能性のあるものを列挙した。事業所の建屋は建物（事務所）とし、事業所であげたものは燃焼炉、生産機械の稼働など生産工程で発生する熱だけを対象にしている。
- 船舶は東京港に停泊、入出港する船舶（年間）、航空機は羽田空港に離着陸する飛行機（年間）を対象とし、給油する量ではなく域内で消費する量を対象にした。

【計算方法】

それぞれ年次や出典の異なる統計量を用いているため、消費段階、排出段階については表1-3、供給段階については1. 3【参考】を参照のこと。

図1-3は、計算した環境への排熱の分布状況を500mメッシュマップで表したものである。業務系などの建物が集中し、地域冷暖房供給施設などがある都心や副都心地域に排熱量の大きなメッシュが分布している。また、清掃工場、火力発電所などの施設からの局所的な人工排熱、幹線道路沿いにおける自動車や沿道建物からの線的な人工排熱の分布も見られる。

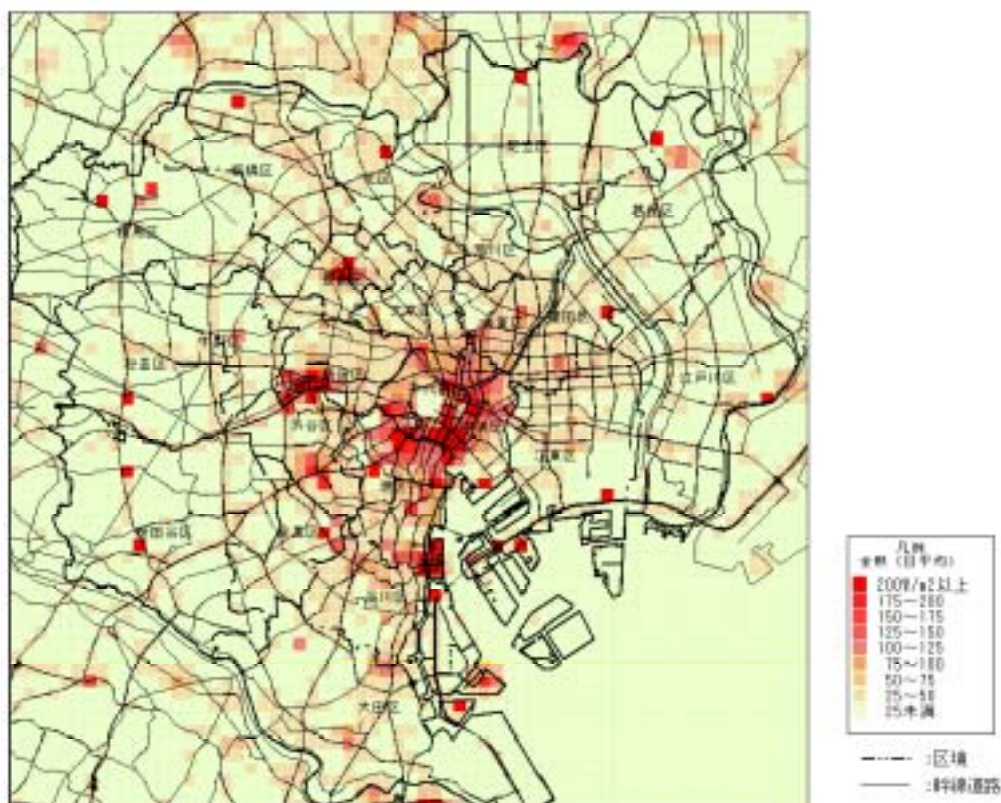


図1-3 東京23区の環境への排熱量（全熱）

【参考】東京23区における供給エネルギー量の計算

1) 電力

東京電力の東京23区内の年間電力販売量（表1-5）と月別の東京電力管内の電力供給計画（図1-4）から8月の電力販売量を推計し、23区内における8月の一日当たり電力販売量による供給エネルギー量（表1-6）を算出した。

表1-5 東京23区の電力販売量 出典：大都市比較統計年表（2000）（単位 1,000kWh）

都 市	総 数	電 灯					
		総 数	常 時			臨 時	
			従量A・B・C	時間帯別	定 額		そ の 他
東京都区部	61,337,751	19,794,027	18,836,089	213,695	69,688	608,279	66,276

総 数	電 力					特定規模 需 要
	特定規模 需 要 以 外 の 需 要					
	業 務 用	小口電力	高圧電力(B)	臨 時	そ の 他	
41,543,724	19,208,825	5,134,820	1,503,808	28,302	459,779	15,208,190

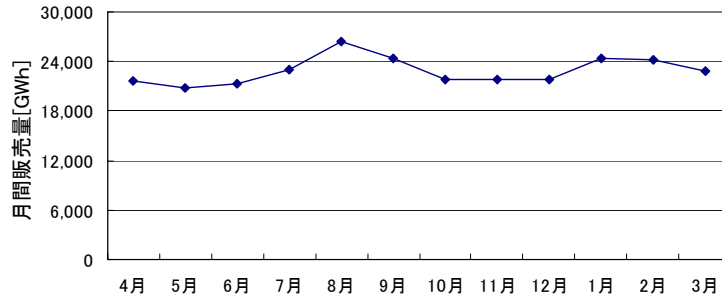


図 1-4 東京電力管内の月別需要電力量

出典：平成 14 年度電力需給の概要（平成 14 年度電力供給計画）

表 1-6 東京 23 区の 8 月の日電力販売量によるエネルギー供給量

	<b>TJ/day</b>
供給エネルギー量	<b>684.2</b>

## 2) ガス

東京 23 区で販売された年間ガス量（表 1-7）と東京ガスの月別販売量の変動（図 1-5）から、東京 23 区の 8 月の一日当たりガス販売量（表 1-8）を求めた。さらに東京ガス直営の地域熱供給事業で消費されるガス量（表 1-9）を求め、これらを足し合わせて東京 23 区で 8 月の一日に消費されるガス量から供給エネルギー量（表 1-10）を求めた。

表 1-7 東京 23 区の年間ガス販売量

出典：大都市比較統計年表（2000）

（単位：1,000MJ）

	販売量					
	総数	家庭用	工業用	商業用	公用	医療用
東京都区部	140,453,213	62,772,029	17,107,346	45,397,915	10,661,158	4,514,765

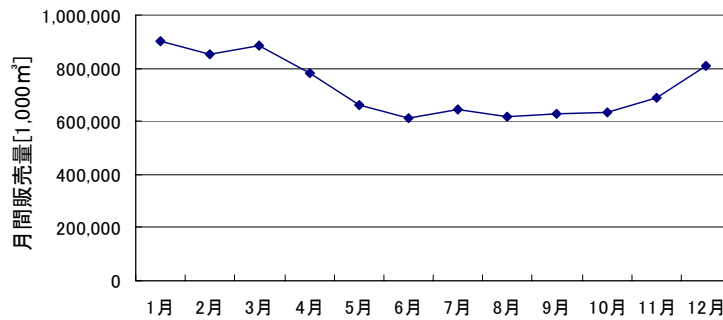


図 1-5 東京ガスの月別ガス販売量（平成 12 年）出典：東京ガス資料

表 1-8 東京 23 区の 8 月の一日当たりガス販売量

	<b>TJ/day</b>
23 区内ガス販売量	<b>345.0</b>

表 1-9 東京ガス直営の地域熱供給施設で消費されるガス量 (1,000 m<sup>3</sup>)

出典：都における温室効果ガス排出量総合調査 (2000)、東京都地域冷暖房計画区域一覧より算出

	都内	23区内
地域熱供給都市ガス	65,609,000	59,921,632

表 1-10 東京 23 区内で 8 月の一日に消費されるガスによる供給エネルギー量 (TJ/day)

	ガス消費量	地域熱供給消費量	23区ガス消費量
供給エネルギー量	345.0	6.9	351.9

### 3) 燃料

東京都内における石油卸 20 社の販売業者向け及び消費者向販売量計から、販売された燃料による供給エネルギー量を算出した (表 1-11)。

電力やガスについては集計した地域の販売量と消費量がほぼ等しいと考えられるのに対し、燃料の販売地域とそれが消費される地域には違いがあることが推定される。また、23 区内の販売量データを入手もしくは推計することは困難であり、本調査における供給エネルギーデータとしてこのまま採用することはせず、参考値としてインベントリー表に示した。

表 1-11 東京都内で販売された燃料の供給エネルギー量

	ガソリン	ジェット燃料	灯油	軽油	A 重油	C 重油
燃料販売量 : kl	5,292,814	1,466,345	3,075,835	3,704,872	3,125,645	1,872,104
発熱原単位 : kcal/l	8,266	8,767	8,767	9,126	9,341	9,962
発熱量 : Gcal	43,750,401	12,855,447	26,965,845	33,810,662	29,196,650	18,649,900
発熱量 : TJ/年	183,174	53,823	112,901	141,558	122,241	78,083
一日あたり供給エネルギー量 : TJ/day	502	147	309	388	335	214
	1,895					

出典) 燃料販売量：平成 13 年エネルギー生産・需要統計年報 (経済産業省資源エネルギー庁)

発熱原単位：エネルギー・経済統計要覧 (2004) (省エネルギーセンター)

注 1：一日あたり発熱量を算出するに当たっては、燃料販売量の季節変動は考慮せずに 365 日で平均した。

注 2：ナフサは製造原料として使用されるとして、ここには含めない。

### 4) ごみ

東京 23 区内の清掃工場で焼却されるごみもエネルギー源と捉えることができる。そのため、4.2.1 の清掃工場における消費段階の消費エネルギー量から、補助燃料分を差し引いたごみの投入エネルギー量 181.0TJ/day を供給段階の供給エネルギー量とした。

## 5) 供給エネルギー量と消費エネルギー量の比較

参考として上記のように供給エネルギー量を計算したが、これはもともと個別の熱源機器で消費される消費エネルギー量の計算値の妥当性等を検証するために行ったものである。計算結果を単純に合計したものを表1-12に比較した。

表1-12 消費エネルギー量と供給エネルギー量の比較

	消費エネルギー量	供給エネルギー量
合計量 (TJ/day)	1,921	3,112

その差は約 **1,200TJ/day** と小さくない。この違いは、まず燃料による供給エネルギー量に関する以下のような原因が考えられる。

### ①計算の対象地域の違いについて

供給エネルギー量の計算に用いた燃料の販売量は東京 **23** 区内のものではなく、多摩地域などを含めた東京都内を対象としたものである。

### ②エネルギーの供給される場所と消費される場所の違いについて

当該販売量データは石油卸 **20** 社の販売量を合計したものであるが、販売（供給）される量と同地域で消費される量には違いがある。

例えば、値の大きい項目として自動車の消費エネルギー量と供給エネルギー量（ガソリン及び軽油の供給エネルギー量）を比較すると、消費エネルギー量 **473TJ/day** に対し供給エネルギー量 **890TJ/day** と供給側が約 **1.9** 倍となっている。仮に東京都内において自動車に供給される燃料の7割が **23** 区内で供給されるとした場合、**23** 区内の供給エネルギー量は **623TJ/day** となる。しかしこれでも消費エネルギー量 **473TJ/day** の約 **1.3** 倍となっており、燃料の販売量を供給エネルギー量として捉えることは難しいことがわかる。

ちなみに供給エネルギー量、消費エネルギー量からガソリンや灯油、重油などの燃料の販売や消費に伴うエネルギー量を差し引いて比較すると表1-13のようになる。これを見ると、マクロで捉えた供給エネルギー量は、個々の熱源から捉えた消費エネルギー量に比べて1割程度大きくなっている。

今回の調査では消費エネルギーの推計において、建物の地下施設や道路施設など、データの整備状況などから現状では推計が難しいものについては計算の対象外としており、また、人工排熱インベントリー項目にも熱源の見落としの可能性もある。このような状況を考慮すれば、算出した消費エネルギー量の妥当性はある程度評価できるものと思われる。



表1-13 消費エネルギー量と供給エネルギー量の比較（燃料を除く）

消費エネルギー量（燃料除く）			供給エネルギー量（燃料除く）	
建物排熱	業務ビル	528.5	電力販売量	684.2
	住宅	240.4		
交通排熱	自動車	0.0	ガス販売量	351.9
	鉄道	31.5		
	船舶	0.0		
	航空機	0.0		
事業所排熱	工場	101.2	ごみ投入量	181.0
	清掃工場	181.0		
	火力発電所	0.0		
	下水処理施設	6.5		
その他	建設工事	0.5		
合計		1,089.6	合計	1,217.1

#### 1.4 東京 23 区における排出形態別環境への排熱量の計算

1.3で述べたように排出段階の環境への排熱量計算では、排出される熱量を顕熱／潜熱（大気）、排水（給湯排水や冷却排水）に分けて算出している。表1-14は各排熱源からの環境への排熱をこの形態別に見たもので、図1-6はその構成比を比較したものである。

東京 23 区全体で見ると、顕熱が 75%、潜熱が 14%、その他が 11%と顕熱の割合が 7 割以上となっている。これに対して、建物排熱は潜熱の割合がやや高く、交通排熱はほとんどが顕熱で占められる。また、表1-14では住宅で排水等が大きな割合を占めているが、これは浴槽の湯が住宅から排出された時点で把握しているためで、実際には換気によって大気などへも排出されると考えられる。現時点では、その後の過程に関する十分なデータがないため、ここでは仮に排水等に分類した。また、住宅の潜熱がマイナスになっているが、これは換気により屋外の多湿な空気を室内に取り込み、逆に除湿された冷気を屋外に排出しているためである。火力発電所についても排水等が大きくなっている。これは復水器からの熱損失が公共用水域に排出されるためであるが、公共用水域に排出された温排水からどの程度大気中へ熱が移動するかについては調査が及んでいない。

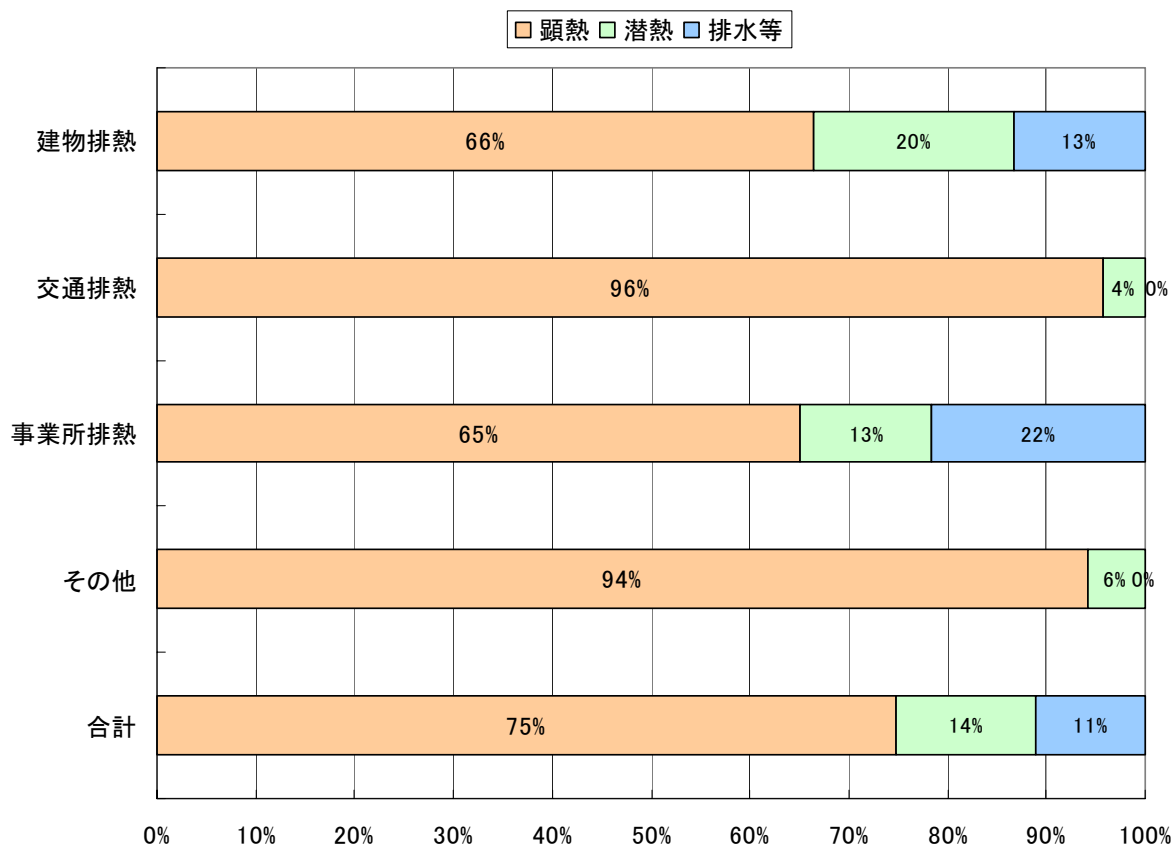


図1-6 環境への排熱量の顕熱・潜熱・排水（給湯排水等）構成比

表1-14 東京23区における排出段階の形態別環境への排熱量

熱源の種類		環境媒体別排出口			環境への排熱量 (TJ/Day)				熱熱/潜熱/排水等の計算方法			
		大気	水	土壌	顕熱	潜熱	排水等	合計				
建物排熱	業務ビル	事務所(工場建屋も含む)、商業施設、ホテル、学校、その他	空調排熱、換気ロス	給湯排水	地下室壁面貫流	469.6	190.2	22.6	682.4	建物用途別規模別に空調機器の構成割合を求め、熱熱/潜熱/排水等の排熱原単位を求め、GISデータの用途別規模別床面積を乗じて各排熱を算出した。上記業務ビルに準じた。		
	地域冷暖房		冷却排熱、排煙	給湯排水		20.2	71.7	3.3	95.1			
	地下施設		空調排熱、換気ロス	給湯排水	壁面貫流	-	-	-	-			
	住宅	戸建住宅		空調排熱、換気ロス	給湯・浴室排水		118.1	-26.6	83.7		175.3	
		集合建住宅		空調排熱、換気ロス	給湯・浴室排水		101.8	-19.9	32.9		114.7	
計						709.7	215.4	142.5	1067.5			
(構成比)						68%	20%	13%	100%			
交通排熱	自動車	(走行)	排ガス、放熱器、駆動ロス、空調排熱、換気ロス			505.8	23.9	0.0	529.7	燃料消費量に燃料の発熱量(高位/低位)をかけて熱熱/潜熱別に計算した。エアコンの排熱は全て熱熱として計算した。		
		道路施設	照明排熱			-	-	-	-			
	鉄道	地上	(走行)	放熱器、駆動ロス、空調排熱、換気ロス			20.9	0.0	0.0		20.9	すべて熱熱とした。
			駅舎	照明排熱、空調排熱			-	-	-		-	
		地下	(走行)	放熱器、駆動ロス、空調排熱、換気ロス			11.4	0.0	0.0		11.4	すべて熱熱とした。
		駆体(トンネル、駅、コンコース)	空調排熱、換気ロス		壁面貫流		5.7	0.0	0.0		5.7	
	船舶	(停泊、港内航行)	排ガス、空調排熱、冷却水				5.2	0.6	0.0		5.8	C重油の高位/低位発熱量から熱熱と潜熱に分けて排熱量を算出した。
		港湾保安施設	排ガス、放熱器、空調排熱				-	-	-		-	
	航空機	(アイドル、離着陸)	排ガス、放熱器、空調排熱				10.1	0.5	0.0		10.6	ジェット燃料の高位/低位発熱量から熱熱と潜熱に分けて排熱量を算出した。
		航空保安施設	排ガス、放熱器、空調排熱	給湯排水			-	-	-		-	
計						559.1	25.0	0.0	584.1			
(構成比)						96%	4%	0%	100%			
事業所排熱	工場	(生産)	排煙、放熱器、排ガス、換気ロス	冷却排水、給湯排水		109.8	13.1	0.0	122.9	エネルギー消費量のうち、「大気汚染物質総合排出量調査(H8稼働実績)」より煙突から排出される排ガスの温度、ガス量、水分率から熱熱、潜熱を求めこれを煙突からの排熱量とした。残りは地上施設から熱熱として排出されるものとした。		
	清掃工場	(焼却)	排煙、放熱器	冷却排水		137.2	28.3	0.0	165.5	H14清掃工場排ガス調査結果より煙突排ガスの温度、ガス量、水分率から煙突から排出される熱熱・潜熱を算出し、発電量のうち場内で使用される分を地上施設からの熱熱とした。その他の熱の一部は周辺施設への給熱として使用されるが、ほとんどが復水器からの排熱となる。		
	火力発電所	(発電)	排煙、放熱器	冷却排水		27.3	15.1	90.9	133.3	排熱は「汽力プラントの熱勘定(東京電力資料)」により煙突からの熱熱・潜熱、地上施設からの熱熱、公共用水域への温排水に振り分けて求めた。		
	下水処理施設	(分解、処理、焼却)	分解熱、排煙	放流水		-	-	-	-			
	計						274.3	56.5	90.9	421.7		
(構成比)						65%	13%	22%	100%			
その他	建設工事	(建設機械)	排ガス、放熱器			31.2	1.9	0.0	33.1	各種燃料の高位/低位発熱量から熱熱と潜熱に分けて排熱量を算出した。		
	廃棄物埋立処分場	(分解)	分解熱	浸出水		-	-	-	-			
	計						31.2	1.9	0.0	33.1		
(構成比)						94%	6%	0%	100%			
合計		合計				1574.3	298.8	233.4	2106.5			
(構成比)		(構成比)				75%	14%	11%	100%			