

2 3. 産業廃棄物焼却施設に係る排出量

本項では、産業廃棄物焼却施設に係る排出量の推計方法を示す。特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律(平成 11 年法律第 86 号。以下「化管法」という。))においては、廃棄物処理施設から排出される化管法対象化学物質の排出量のうち、大気汚染防止法(昭和 43 年法律第 97 号)、水質汚濁防止法(昭和 45 年法律第 138 号)、廃棄物の処理及び清掃に関する法律(昭和 45 年法律第 137 号。以下「廃棄物処理法」という。))及びダイオキシン類対策特別措置法(平成 11 年法律第 105 号。以下「ダイオキシン特措法」という。))に基づく実測義務があるもの以外の付随的に生成される化学物質の排出量については届出対象となっていない。したがって、本推計においては、届出された物質以外の化学物質の産業廃棄物焼却施設からの環境中への排出を対象とし、その方法について以下に示す。

(1) 排出の概要

①推計対象物質

環境研究総合推進費 3K153003「廃棄物の焼却処理に伴う化学物質のフローと環境排出量推計に関する研究」(2015 年度～2017 年度)及び「届出外推計における廃棄物焼却残さ等分析業務」(2023 年度)では、全国の産業廃棄物焼却施設に対して実測調査が行われ、排ガス等の濃度データ、及びそれに付随する排ガス量等のデータが得られた。当該実測調査において、産業廃棄物焼却施設からの大気への排出に係る測定下限値(以下「下限値」という。))以上の排ガス濃度の測定データが十分得られ、排出量推計が可能と見込まれるものとして金属類 14 物質、有機化合物 15 物質を推計対象とした(表 23-1、表 23-2)。

なお、対象化学物質のうち金属類化合物を含むものについては、含有する金属元素等を合算し、金属元素等の排出量を把握・届出することとされている。このため、排ガス濃度の測定データについても、含有する金属元素等の量となるよう換算して推計に用いている。また、排ガス中の元素の存在形態としては単体や水溶性化合物、水溶性でない化合物が混在していると考えられるが、一般的な排ガス測定においては元素濃度として分析するため、形態の明確な峻別は困難であることに鑑み、検出された金属元素等が全て関連する対象化学物質であると整理している。

表 23-1 届出外排出量(大気への排出)の推計対象とする対象化学物質(金属類)

対象化学物質		排出量を算出する場合に 換算する元素※
管理番号	物質名	
1	亜鉛の水溶性化合物	亜鉛(Zn)
31	アンチモン及びその化合物	アンチモン(Sb)
44	インジウム及びその化合物	インジウム(In)
75	カドミウム及びその化合物	カドミウム(Cd)
82	銀及びその水溶性化合物	銀(Ag)
87	クロム及び三価クロム化合物	クロム(Cr)
132	コバルト及びその化合物	コバルト(Co)
272	銅水溶性塩(錯塩を除く。)	銅(Cu)
309	ニッケル化合物	ニッケル(Ni)
321	バナジウム化合物	バナジウム(V)
332	砒素及びその無機化合物	砒素(As)
412	マンガン及びその化合物	マンガン(Mn)
453	モリブデン及びその化合物	モリブデン(Mo)
697	鉛及びその化合物	鉛(Pb)

※:「排出量を算出する場合に換算する元素等」は、PRTR 排出量等算出マニュアル(第 5.1 版)に基づく。

表 23-2 届出外排出量(大気への排出)の推計対象とする対象化学物質(有機化合物)

対象化学物質	
管理番号	物質名
12	アセトアルデヒド
53	エチルベンゼン
80	キシレン
125	クロロベンゼン
127	クロロホルム
150	1, 4-ジオキサン
178	1, 2-ジクロロプロパン
181	ジクロロベンゼン
262	テトラクロロエチレン
281	トリクロロエチレン
300	トルエン
392	ヘキサン
400	ベンゼン
411	ホルムアルデヒド
691	トリメチルベンゼン※

※:トリメチルベンゼン(691)は1, 2, 4-トリメチルベンゼン及び1, 3, 5-トリメチルベンゼンの測定データの合計値を用いている。

②推計対象とする範囲

産業廃棄物焼却施設の推計対象は、「産業廃棄物処理施設状況調査(2023 年度、環境省)」(2022 年度実績)において年間焼却量が報告されている施設とした。「産業廃棄物処理施設状況調査(2023 年度、環境省)」において年間焼却量が報告されている施設のうち、廃棄物処理プロセスや受け入れ廃棄物の性状が明らかに異なる施設(ここでは「施設種類 A」「施設種類 B」とする)については区別して推計を行った。

なお、産業廃棄物焼却施設からの化学物質の排出先媒体としては、大気と公共用水域が想定されるが、このうち対象化学物質の排出実態に関する測定データが得られている大気への排出のみを推計対象とする。

(2) 利用したデータ

利用したデータは、産業廃棄物焼却施設における排ガス中の化学物質濃度の測定データ等である。利用した具体的なデータの種類とその資料名を表 23-3 に示す。

表 23-3 産業廃棄物焼却施設に係る排出量推計に利用したデータ(2023 年度)

データの種類		資料名等
①	焼却炉別・廃棄物種類類型別の処理廃棄物中の含有濃度(g/t-waste)【金属類のみ】 (以下「処理廃棄物中の含有濃度」という。)	環境研究総合推進費 3K153003「廃棄物の焼却処理に伴う化学物質のフローと環境排出量推計に関する研究」(2015 年度～2017 年度、環境省及び独立行政法人環境再生保全機構) ^{※1} (以下「推進費研究(2015 年度～2017 年度、環境省等)」という。)
②	焼却炉別・排ガス処理類型別の処理廃棄物中の含有量に対する最終排ガスへの排出率(%)【金属類のみ】 (以下「焼却による排出率」という。)	①と同じ
③	焼却炉別の排ガス濃度(mg/Nm ³)	推進費研究(2015 年度～2017 年度、環境省等) 令和 5 年度届出外推計における廃棄物焼却残さ等分析業務(2023 年度、環境省) (以下「届出外推計における廃棄物焼却残さ等分析業務(2023 年度)」という。)
④	焼却炉別の乾き排ガス流量(Nm ³ /h)	③と同じ
⑤	産業廃棄物焼却施設に係る焼却炉別の年間焼却量(t-waste/年)	産業廃棄物処理施設状況調査(2023 年度、環境省) ^{※2}
⑥	焼却炉別の年間稼働時間(h/年)	⑤と同じ

※1:2015～2017 年度、2023 年度の測定データを用いており、その間の排ガス濃度は、2023 年度の排ガス濃度と同程度と仮定した。

※2:施設別の産業廃棄物焼却施設の年間焼却量は、2024 年 12 月時点で利用できる最新のデータが 2022 年度実績であるため、2022 年度の年間処理量と 2023 年度の年間処理量は同程度であるものと仮定した。

(3) 推計方法の基本的考え方と推計手順

廃棄物処理プロセスや受け入れ廃棄物の性状が明らかに異なる施設を施設種類 A、施設種類 B と区別して推計することとした。施設種類 A に関しては、焼却施設に係る金属類の大気への排出実態は、主要な処理廃棄物の種類や焼却施設に設置されている排ガス処理設備等によって異なる傾向を示すことが、測定データから示唆された。そこで、金属類については主要な処理廃棄物や排ガス処理設備により施設を類型化し、その類型ごとに排出量を推計することとした。以降、主要な処理廃棄物種類に関する施設類型と排ガス処理設備に関する施設類型を「廃棄物種類/排ガス処理類型」とする。

一方で、主に焼却時の副生成に由来すると考えられる有機化合物の大気への排出実態は、主要な処理廃棄物の種類や焼却炉内の温度等の燃焼条件により傾向が異なる可能性があるが、測定データからは明確な違いがあるとは言えなかった。そのため、有機化合物については、廃棄物種類/排ガス処理類型は設けずに排出量を推計することとした。なお、今後の測定データの充実により、主要な処理廃棄物の種類等によって排出実態が異なる傾向が示された場合には、金属類と同様に類型化を行い、廃棄物種類/排ガス処理類型ごとに排出量を検討することが考えられる。

また、焼却施設からの排出は、処理される廃棄物量に比例すると考えられるため、金属類については、測定データをもとに算定した全国における「処理廃棄物中の平均含有濃度」(g/t-waste)を都道府県別・類型別の産業廃棄物焼却施設における年間焼却量(t-waste)に乗じて焼却処理施設への流入量を求め、これに測定データをもとに算定した「焼却による平均排出率」(%)を乗じることにより、都道府県別の対象化学物質の排出量を推計した。有機化合物については、測定データをもとに全国における「焼却量1トン当たりの化学物質排出量」(mg/t-waste)を算定し、都道府県別の産業廃棄物焼却施設における年間焼却量(t-waste)を乗じることにより、都道府県別の対象化学物質の排出量を推計した。

なお、全国における「処理廃棄物中の平均含有濃度」、「焼却による平均排出率」及び「焼却量1トン当たりの化学物質排出量」は、それぞれ全国の焼却炉における算術平均値を算定して用いることとした。

施設種類 B については、2022 年度までの金属類の排出量については推進費研究(2015 年度～2017 年度、環境省等)から得られた施設種類 A の測定データを用いて施設種類 B からの金属類の排出量の推計を行っていた。一方で、届出外推計における廃棄物焼却残さ等分析業務(2023 年度)において施設種類 B からの金属類の排出に関する測定データが新たに得られたことから、2023 年度からの施設種類 B からの金属類の排出量については、当該データを用いて推計することとした。その結果、施設種類 B については、施設種類 A とは異なり、主要な処理廃棄物の種類や焼却施設に設置されている排ガス処理設備等によって金属類の大気への排出実態に異なる傾向はみられなかったため、廃棄物種類/排ガス処理類型は行わないこととした。また、施設種類 B については廃棄物の処理プロセスの特性から、「処理廃棄物中の平均含有濃度」(g/t-waste)を算定することが困難であることから、施設種類 A の有機化合物と同様の手法により測定データをもとに排出量を推計することとした。

一方で、有機化合物の排出量については、施設種類 B に関しては測定データが得られていないため引き続き施設種類 A の測定データを用いて排出量を推計することとした。

焼却施設からの排出量の推計手順を図 23-1 及び図 23-2 に示す。なお、図中のデータ①～⑥の番号は表 23-3 の番号に対応している。

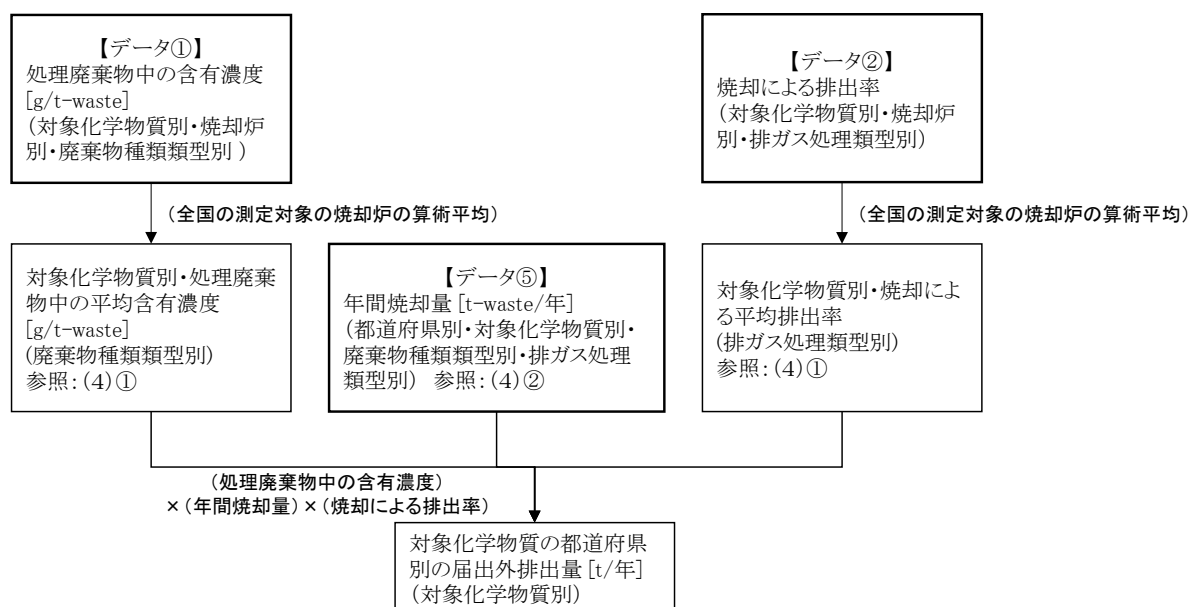


図 23-1 焼却施設に係る排出量の推計フロー
(施設種類 A から排出される金属類)

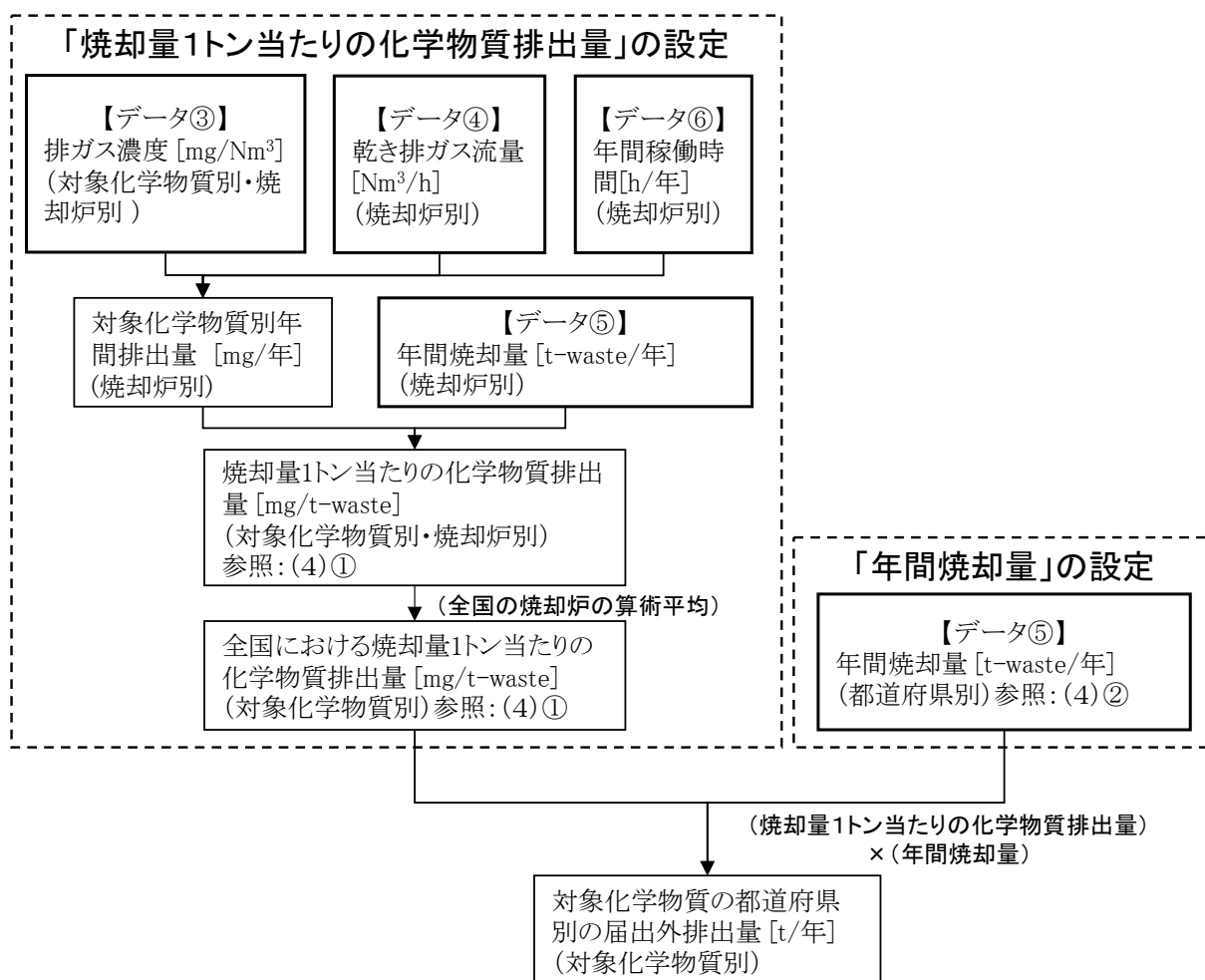


図 23-2 焼却施設に係る排出量の推計フロー
(施設種類 A から排出される有機化合物及び施設種類 B)

(4) 推計方法の詳細

①排出量の推計方法

1) 排出量の推計区分

産業廃棄物焼却施設には、固定床式、ロータリーキルン式、流動床式などの他、ガス化改質方式によるもの、熔融炉を併設するものなど様々な炉形式がある。また、焼却施設からの化学物質の大気への排出を考える場合、このような炉形式の種類の外に、バッチ式や連続式などの焼却方式、処理廃棄物の化学物質含有実態、設置される排ガス処理設備、特にバグフィルターの有無により化学物質の排出傾向は異なる可能性がある。

これらのうち、施設種類 A の金属類については測定データから主要な処理廃棄物や設置される排ガス処理設備により排出傾向が異なる可能性が示唆されたため、これらを区別して排出量の推計を行うこととした(廃棄物種類/排ガス処理類型別の排出量推計)。一方、有機化合物については主要な処理廃棄物の種類や焼却炉内の温度等の条件により排出傾向が異なる可能性が考えられたが、測定データからは明確な傾向の違いがあるとは言えなかったことから、これらを区別せずに排出量の推計を行うこととした。

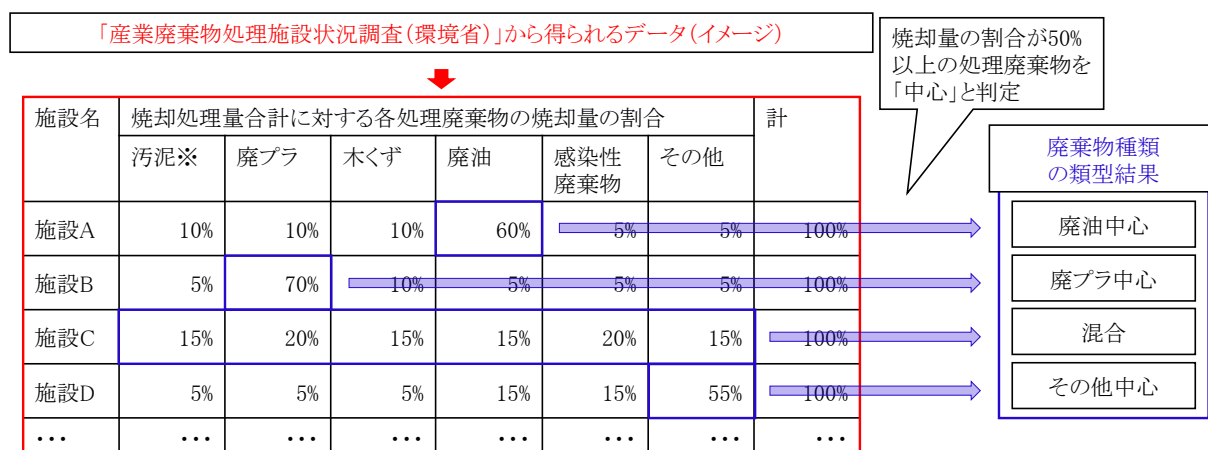
また、施設種類 B の金属類及び有機化合物については廃棄物種類/排ガス処理類型を行わないこととした。

2) 廃棄物種類及び排ガス処理の類型

< 廃棄物種類類型 >

「産業廃棄物処理施設状況調査(2023 年度、環境省)」では、処理廃棄物として、汚泥(下水汚泥を除く)、下水汚泥、廃油、廃プラ、木くず、感染性廃棄物、及びその他の7種について焼却施設別の年間焼却量のデータが得られる。施設種類 A からの金属類の排出量推計では、「産業廃棄物処理施設状況調査(2023 年度、環境省)」から得られる処理施設別の「焼却量合計に対する各処理廃棄物の焼却量の割合」をもとに各施設を「汚泥中心」、「廃油中心」、「廃プラ中心」、「木くず中心」、「感染性廃棄物中心」、「その他中心」および「混合」の7種に類型化した(図 23-3)。なお、廃棄物種類を類型化するにあたり、「中心」と判定した基準は、文末に記載の「(参考1) 廃棄物種類類型方法の詳細」の結果を参考にして「焼却量合計に対する各処理廃棄物の焼却量の割合」が 50%以上とし、すべての処理廃棄物の焼却量割合が 50%未満の施設は「混合」に類型化した。

施設種類 B については1)のとおりの廃棄物種類類型は行っていない。



※: 図中の「汚泥」は「産業廃棄物処理施設状況調査(2023 年度、環境省)」における「汚泥(下水汚泥を除く)」及び「下水汚泥」の焼却量の割合を足し合わせて推計している。

図 23-3 廃棄物種類の類型(イメージ)

<排ガス処理類型>

「産業廃棄物処理施設状況調査(2023 年度、環境省)」では排ガス処理設備として、大きくサイクロン、スクラバ(水洗浄、アルカリ洗浄)、電気集塵器(湿式、乾式)、バグフィルター、活性炭噴霧、活性炭吸着塔、及びその他の 7 種について焼却施設別の年間焼却量のデータが得られる。このうち、施設種類 A からの金属類については、測定データからバグフィルターを設置しているかどうか、バグフィルターを設置していない施設については電気集塵器を設置しているかどうかにより、焼却による排出率の傾向が異なることが示唆された。そこで、排ガス処理設備として「バグフィルターを設置している施設(以下「BF」という。）」、「バグフィルターを設置していないが電気集塵器を設置している施設(以下「EP」という。）」、「それ以外の処理設備を設置している施設(以下「その他」という。)」の 3 つに排ガス処理類型を行って排出量を推計することとした。なお、「その他」に類型化した施設については、焼却による排出率の測定データが得られていないため、「BF」および「EP」に類型化した施設における焼却による排出率の算術平均値で代用することとした。施設種類 B については 1) のとおり排ガス処理類型は行っていない。

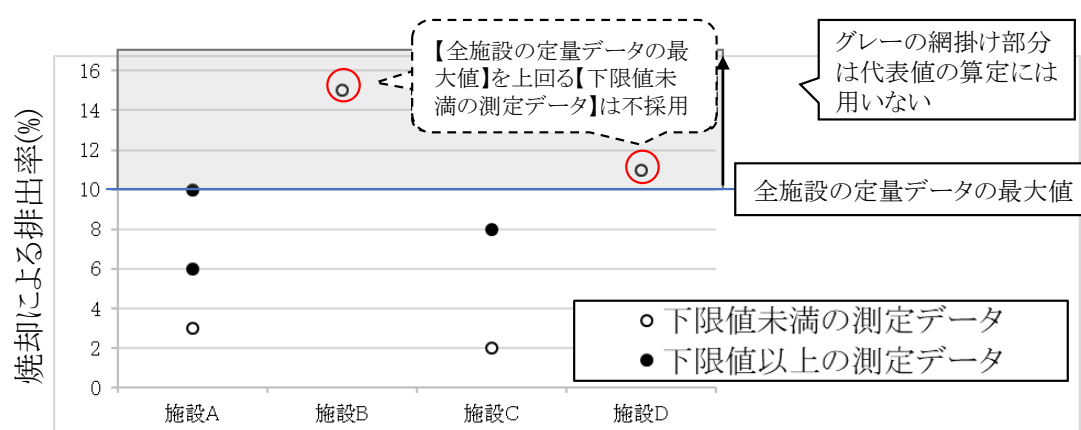
3) 排出量の推計に使用する測定データ的前提条件

推進費研究(2015 年度～2017 年度、環境省等)及び届出外推計における廃棄物焼却残さ等分析業務(2023 年度)で実測した測定データについては、測定のために捕集したガス量の違い等により、各々の下限値が必ずしも揃っているものではない。したがって、金属類の焼却による排出率の設定に使用する測定データについては、条件をそろえるために、前提条件をア)に示した。なお、施設種類 A における金属類の処理廃棄物中の含有濃度の設定及び施設種類 B の焼却量1トン当たりの化学物質排出量の設定については、使用する測定データが全て定量データであったため、ア)の前提条件を考慮していない。

また、焼却施設からの排出量の推計に必要なデータとしてイ)に示すとおり、測定時の排ガス量が把握できることを条件とした。

ア)ある施設の当該物質の下限值が全施設の定量値の最大値を上回る場合の取扱い

下限値未満のデータは、その真値が0に近い値か下限値に近い値かが不明であり、不確実性が高い。本推計では、後述のとおり、下限値未満のデータについて、その1/2を用いることとしているため、あまりに大きな下限値未満のデータを用いると過大推計となることが懸念される。したがって、ある施設の下限値未満のデータのうち、全施設の定量値の最大値を上回るデータについては、焼却による排出率の推計には用いないこととする(図23-4)。



物質名	施設名	測定日注	測定データ注		推計に 用いる値
			定量データ	非定量データ	
X	A	2013/11/21	10		10
X	A	2014/1/14	6.0		6.0
X	A	2015/6/29		<3.0	1.5
X	B	2015/8/28		<15	—
X	C	2008/12/11	8.0		8.0
X	C	2014/10/19		<2.0	1.0
X	D	2012/3/6		<11	—
...	...	...	...	...	...

全施設の定量値の最大値

下限値が定量値の最大値を上回るため不採用

注:図表中の測定日や測定データについては、仮の値であり、推計に用いた値ではないことに注意が必要

図23-4 排出量の推計に用いる測定データ

イ)測定時の排ガス量が把握できていること

焼却施設からの排出量の推計には、排ガス濃度の他に排ガス量の把握が必要であるため、排ガス濃度の測定時における乾きガス量が把握できることを条件とする。

4) 排出量の推計

施設種類 A から排出される金属類の排出量推計については、(4)①3)で採用する測定データを使い、物質別に以下の式のとおり焼却炉別の処理廃棄物中の含有濃度、焼却による排出率を求めた。ひとつの焼却施設に複数の焼却炉がある場合には、炉別にこれらを求めた。

なお、焼却による排出率については、PRTR 排出量等算出マニュアルの整理に則り、下限値未満のデータに対しては、設定された下限値の 1/2 の数値を充て、焼却による排出率を算定している。

【施設種類 A から排出される金属類】(廃棄物種類/排ガス処理類型を適用)

全国の届出外排出量(t/年)

$$= \sum_i \sum_j (W_{i,j} \times C_{waste,i} \times d_j) / 10^6$$

$W_{i,j}$: 廃棄物種類類型及び排ガス処理類型 i,j の施設の年間焼却量(t-waste/年)

$C_{waste,i}$: 廃棄物種類類型 i の処理廃棄物中の含有濃度

(g/t-waste=mg/kg-waste)

d_j : 排ガス処理類型 j の焼却による排出率(-)

$C_{waste,i}$ (g/t-waste)

= { 廃棄物種類類型 i の焼却炉 X_1 の処理廃棄物中の含有濃度 (g/t-waste)

+ ...

+ 廃棄物種類類型 i の焼却炉 X_n の処理廃棄物中の含有濃度

(g/t-waste) } / n

d_j (-)

= { 排ガス処理類型 j の焼却炉 X_1 の排出率 (-)

+ ...

+ 排ガス処理類型 j の焼却炉 X_n の排出率 (-) } / n

【参考】

処理廃棄物中の含有濃度の推計

$$C_{waste} = \frac{(C_{FA} \times Q_{FA}) + (C_{BA} \times Q_{BA}) + (C_{eg} \times Q_{eg})}{Q_{waste}}$$

$$Q_{eg} = Q_{flue_gas} \times oh \times od$$

C_{waste} : 処理廃棄物中の含有濃度 (g/t-waste)

Q_{waste} : 廃棄物の年間焼却量 (t-waste/年)

C_{FA} : ばいじん中の含有濃度 (g/t-waste)

Q_{FA} : ばいじんの年間発生量 (t/年)

C_{BA} : 燃え殻中の含有濃度 (g/t-waste)

Q_{BA} : 燃え殻の年間発生量 (t/年)

C_{eg} : 最終排ガス中の含有濃度 (g/Nm³) ※

Q_{eg} : 年間乾き排ガス量 (Nm³/年) ※

Q_{flue_gas} : 乾き排ガス流量 (Nm³/h)

oh: 1日当たり稼働時間 (h/日)

od: 年間稼働日数 (日/年)

※本推計で用いた多くの測定データにおいては、ばいじんや燃え殻中の含有量と比較して微小な量であったため無視することとした。ただし、カドミウム及びその化合物、銀及びその水溶性化合物が含有されている廃棄物を焼却処理している特定の施設においては、焼却による排出率が 10%を上回っており、最終排ガス中の含有量が、ばいじんや燃え殻中の含有量と比較して無視できない量であるため、本推計に含めることとした。

焼却による排出率の推計

$$d = \frac{C_{eg} \times Q_{eg}}{C_{waste} \times Q_{waste}}$$

C_{waste} : 処理廃棄物中の含有濃度 (g/t-waste)

Q_{waste} : 廃棄物の年間焼却量 (t-waste/年)

C_{eg} : 最終排ガス中の含有濃度 (g/Nm³)

Q_{eg} : 年間乾き排ガス量 (Nm³/年)

施設種類 A からの有機化合物及び施設種類 B の排出量推計については、(4)①3)で採用する測定データを使い、物質別に以下の式のとおり焼却炉別の焼却量 1 トン当たりの化学物質排出量を求めた。ひとつの焼却施設について複数の焼却炉がある場合には、炉別にこれらを求めた。

なお、PRTR 排出量等算出マニュアルの整理に則り、下限値未満のデータに対しては、設定された下限値の 1/2 の数値を充て、焼却量 1 トン当たりの化学物質排出量を算定している。

【施設種類 A からの有機化合物及び施設種類 B】

(廃棄物種類/排ガス処理類型は非適用)

全国の届出外排出量(t/年)

$$= \text{全国における「焼却量 1 トン当たりの化学物質排出量」(mg/t-waste)} / 10^9 \\ \times \text{全国の年間焼却量(t/年)}$$

全国における「焼却量 1 トン当たりの化学物質排出量」(mg/t-waste)

$$= \{ \text{焼却炉 } X_1 \text{ の「焼却量 1 トン当たりの化学物質排出量」(mg/t-waste)} \\ + \dots + \text{焼却炉 } X_n \text{ の「焼却量 1 トン当たりの化学物質排出量」(mg/t-waste)} \} / n$$

焼却炉 X_i の「焼却量 1 トン当たりの化学物質排出量」(mg/t-waste)

$$= \text{焼却炉 } X_i \text{ からの排出量(mg/年)} \div \text{年間焼却量(t-waste /年)}$$

焼却炉 X_i からの排出量(mg/年)

$$= \text{焼却炉 } X_i \text{ の} [\text{排ガス濃度 (mg/Nm}^3\text{)} \times \text{乾き排ガス流量 (Nm}^3\text{/h)} \times \text{年間稼働時間 (h/年)}]$$

以上の結果をまとめると、施設種類 A における金属類の廃棄物種類類型別の処理廃棄物中の平均含有濃度、排ガス処理施設による施設類型別の焼却による平均排出率はそれぞれ表 23-4、表 23-5 に示すとおりとなり、これらの 14 物質が排出量推計の対象となる。

表 23-4 廃棄物種類類型別の処理廃棄物中の平均含有濃度の推計結果
(施設種類 A: 金属類)

管理 番号	対象化学 物質名	処理廃棄物中の平均含有濃度 (g/t-waste)						
		汚泥 中心	廃油 中心	廃プラ 中心	木くず 中心	感染性 廃棄物 中心	混合	その他 中心
1	亜鉛の水溶性化合物	2,600	1,200	510	420	1,200	1,200	1,400
31	アンチモン及びその化合物	71	10	65	22	79	79	79
44	インジウム及びその化合物	1.2	0.17	0.069	0.10	0.44	1.1	0.44
75	カドミウム及びその化合物	16	4.2	2.4	0.58	14	1.2	8.2
82	銀及びその水溶性化合物	4.9	4.3	2.1	1.1	8.6	3.3	6.2
87	クロム及び三価クロム化合物	76	330	68	88	320	110	340
132	コバルト及びその化合物	18	27	4.6	4.5	36	22	26
272	銅水溶性塩(錯塩を除く。)	1,400	290	270	320	1,100	1,500	1,100
309	ニッケル化合物	140	280	35	11	44	67	170
321	バナジウム化合物	31	6.4	15	46	44	6.4	92
332	砒素及びその無機化合物	1.9	3.4	1.7	1.8	1.2	3.5	3.4
412	マンガン及びその化合物	1,400	500	88	210	170	380	490
453	モリブデン及びその化合物	8.8	54	2.8	1.3	26	13	58
697	鉛及びその化合物	170	23	39	47	160	150	180

表 23-5 排ガス処理類型別の焼却による平均排出率(施設種類 A:金属類)

管理 番号	対象化学物質名	焼却による平均排出率※		
		BF	EP	その他
1	亜鉛の水溶性化合物	2.1×10^{-3}	1.8×10^{-3}	2.0×10^{-3}
31	アンチモン及びその化合物	7.5×10^{-4}	1.1×10^{-3}	7.9×10^{-4}
44	インジウム及びその化合物	4.9×10^{-4}	2.7×10^{-4}	4.5×10^{-4}
75	カドミウム及びその化合物	6.0×10^{-3}	1.6×10^{-2}	7.4×10^{-3}
82	銀及びその水溶性化合物	1.4×10^{-3}	4.3×10^{-2}	6.4×10^{-3}
87	クロム及び三価クロム化合物	2.9×10^{-4}	6.8×10^{-5}	2.7×10^{-4}
132	コバルト及びその化合物	2.0×10^{-4}	5.7×10^{-5}	1.8×10^{-4}
272	銅水溶性塩(錯塩を除く。)	1.8×10^{-4}	3.8×10^{-4}	2.1×10^{-4}
309	ニッケル化合物	1.4×10^{-3}	9.1×10^{-4}	1.3×10^{-3}
321	バナジウム化合物	3.3×10^{-4}	2.0×10^{-4}	3.1×10^{-4}
332	砒素及びその無機化合物	3.4×10^{-3}	1.1×10^{-2}	3.7×10^{-3}
412	マンガン及びその化合物	2.0×10^{-4}	7.4×10^{-6}	1.8×10^{-4}
453	モリブデン及びその化合物	3.0×10^{-4}	3.5×10^{-4}	3.1×10^{-4}
697	鉛及びその化合物	1.3×10^{-3}	4.5×10^{-3}	1.7×10^{-3}

※: 下限値に充てる数値により幅を持つ値であることに注意が必要((参考3)を参照)。

また、施設種類 A 及び施設種類 B における有機化合物の焼却量1トン当たりの化学物質排出量は表 23-6 に示すとおりとなり、これらの 15 物質が排出量推計の対象となる。施設種類 B における金属の焼却量1トン当たりの化学物質排出量は表 23-6 に示すとおり 13 物質が排出量推計の対象となる。

表 23-6 焼却量1トン当たりの化学物質排出量(有機化合物)

管理 番号	対象化学物質名	焼却量1トン 当たりの化学物質排出量※ (mg/t-waste)
12	アセトアルデヒド	1,200
53	エチルベンゼン	170
80	キシレン	850
125	クロロベンゼン	70
127	クロロホルム	73
150	1, 4-ジオキサン	100
178	1, 2-ジクロロプロパン	110
181	ジクロロベンゼン	270
262	テトラクロロエチレン	120
281	トリクロロエチレン	170
300	トルエン	38
392	ヘキサン	340
400	ベンゼン	940
411	ホルムアルデヒド	340
691	トリメチルベンゼン	3,400

※: 下限値に充てる数値により幅を持つ値であることに注意が必要((参考3)を参照)。

表 23-7 焼却量1トン当たりの化学物質排出量(施設種類 B:金属類)

管理 番号	対象化学物質名	焼却量1トン 当たりの化学物質排出量 (mg/t-waste)
1	亜鉛の水溶性化合物	57.32
31	アンチモン及びその化合物	0.07
75	カドミウム及びその化合物	0.03
82	銀及びその水溶性化合物	6.60
87	クロム及び三価クロム化合物	0.92
132	コバルト及びその化合物	0.05
272	銅水溶性塩(錯塩を除く。)	1.65
309	ニッケル化合物	0.75
321	バナジウム化合物	0.09
332	砒素及びその無機化合物	0.04
412	マンガン及びその化合物	1.48
453	モリブデン及びその化合物	0.25
697	鉛及びその化合物	1.24

②年間焼却量の推計方法

1) 産業廃棄物焼却施設における年間焼却量の推計

排出量推計に用いる産業廃棄物の年間焼却量は、「産業廃棄物処理施設状況調査(2023年度、環境省)」の年間焼却量を用いることとする。廃棄物種類/排ガス処理類型別の年間焼却量は表 23-8 のとおりである。

表 23-8 産業廃棄物焼却施設における都道府県別・類型別の年間焼却量(2023 年度)

都道府県名	年間焼却量(t/年)																				
	汚泥中心			廃油中心			廃プラ中心			木くず中心			感染性廃棄物中心			混合			その他中心		
	BF	EP	その他	BF	EP	その他	BF	EP	その他	BF	EP	その他	BF	EP	その他	BF	EP	その他	BF	EP	その他
北海道	25,878	111,456	36,876	3,350	0	0	28,224	0	0	482	0	0	13,232	0	0	74,290	10,111	0	8,478	1,872	66
青森県	10,118	0	517	0	1,638	0	129,294	0	0	1,358	0	293	8,500	0	0	21,281	0	0	291,389	0	0
岩手県	0	0	0	0	0	0	4,936	0	40	3,724	0	0	0	0	0	24,051	0	0	299,408	0	0
宮城県	0	0	0	0	3,314	0	0	0	0	3,575	0	0	964	0	0	74,657	0	0	0	0	0
秋田県	1,000	0	0	0	0	1,658	67,527	4,497	0	1,424	0	883	449	0	0	0	96,111	0	24,094	0	0
山形県	0	709	0	0	0	5,084	13,476	0	62,318	0	0	1,650	0	0	2,378	0	0	20,112	0	569	
福島県	16,857	5	0	0	9,843	0	13,679	53,225	0	32,252	3,946	0	0	0	0	7,910	90,705	0	49,317	3,798	20,012
茨城県	52,494	11,303	70	20,956	8,736	28,625	15,237	0	0	10,549	2,952	0	0	0	0	91,728	0	5,455	51,561	10,010	12,124
栃木県	0	0	0	1,595	0	0	33,567	0	0	36,676	1,024	0	0	0	0	104,921	0	0	343,572	0	0
群馬県	10,471	0	0	13,247	0	15,042	6,314	0	20	632	0	0	18,087	0	0	62,129	0	0	21,734	0	0
埼玉県	17,002	0	0	3,224	1,639	0	69,403	0	0	25,886	82	0	16,597	0	0	87,131	0	0	1,110,486	281,400	0
千葉県	116,835	37,703	1,796	0	0	25,126	49,661	0	22,243	42,336	0	0	26,545	0	0	67,330	20,600	0	198,876	88,309	30,676
東京都	0	0	0	0	0	0	101,064	0	98	932	0	0	28,074	0	0	55,648	0	0	308	0	0
神奈川県	16,870	0	3,337	0	6,286	3,529	141,836	0	60,751	0	0	0	9,077	0	0	156,021	22,666	0	223,835	112,561	53,652
新潟県	76,019	39,704	1,238	1,821	6,051	5,931	14,018	10,874	0	2,049	0	8,102	4,153	0	0	115,162	0	0	15,466	336,824	19,173
富山県	0	3,172	0	0	0	0	0	0	0	6,928	0	0	34	0	0	43,115	0	0	100,719	0	0
石川県	0	0	0	1,113	0	619	3,455	0	0	3,688	0	1,162	0	0	0	31,321	0	0	0	0	12,420
福井県	6,802	0	0	0	0	0	27,359	0	0	210	0	84	0	0	0	5,255	0	0	215,198	0	4,525
山梨県	0	0	0	0	0	0	2,205	0	0	2,478	0	0	0	0	0	19,198	0	0	624	178	0
長野県	0	0	10,211	0	0	11	4,594	0	610	3,864	0	3,764	8,704	0	0	0	5,400	24,407	0	0	2,345
岐阜県	3,743	0	683	0	0	0	0	0	0	810	0	0	0	0	0	1,870	0	391	0	454,676	11,791
静岡県	7,440	511	10,194	0	0	10,181	16,689	949	3,941	0	3,106	1,762	0	0	0	75,297	0	0	2,128	0	8,237
愛知県	10,964	0	0	432	6,606	20,040	52,002	0	0	6,890	0	0	11,146	0	0	127,636	1,033	0	178,125	107,295	18,526
三重県	42,012	2,579	3,130	0	0	0	6,351	0	0	0	0	387	0	0	0	88,208	0	0	543,396	3,694	14,944
滋賀県	889	0	0	0	0	13,783	21,402	996	0	0	434	0	0	0	0	0	0	0	4,486	0	0
京都府	0	0	0	30,312	0	0	44,123	0	0	0	0	0	14,384	0	0	0	0	0	23,328	0	0
大阪府	13,325	0	0	11,285	0	8,997	46	9	12,650	11,843	4,190	8,075	0	0	0	68,056	0	9,525	70,356	46,549	105,035
兵庫県	20,355	0	22,514	15,756	0	17,547	11,784	123	569	0	9,442	7,761	0	925	105,978	0	0	341,560	696,330	58,869	
奈良県	0	0	0	0	0	0	73	0	0	950	0	924	0	0	0	0	0	0	1,521	0	0
和歌山県	55,376	0	4,147	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,327	0	0	0	0	0	420	0	1,168
鳥取県	21,515	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,451	0	0	0	0	32,897	0	0	13,699	0	105
島根県	0	0	0	0	0	0	11,707	0	0	1,120	0	0	0	0	0	11,123	0	0	0	0	0
岡山県	76,377	0	5,986	702	0	8,569	5,761	0	0	14,306	0	2,708	24,922	0	0	0	0	70,965	179,145	88,323	0
広島県	0	0	11,139	8,954	0	22,086	1,774	1,266	0	0	7,852	6,781	0	0	0	237,280	0	0	31,824	0	41,452
山口県	2,534	21,093	21,721	14,433	0	60,913	945	0	0	0	0	649	8,823	0	0	35,719	0	0	1,040,656	1,737,467	60,994
徳島県	5,606	0	0	2,239	0	0	284	0	0	10,706	0	0	15,990	0	0	0	0	0	1,313	0	1,565
香川県	245	2,011	0	0	0	0	38,460	257	0	0	3,108	0	0	0	0	20,472	0	0	3,597	2,347	2,650
愛媛県	184	32,403	19,219	79	0	2,171	4,740	0	864	0	0	410	1,022	0	0	31,659	0	10,796	109,352	0	10,827
高知県	0	0	0	0	0	0	8,189	0	517	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,958	846,072	0
福岡県	90,494	14,011	566	0	6,453	0	20,622	2,018	940	0	0	13,661	0	573	83,572	93,852	0	130	190,473	34,246	0
佐賀県	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,699	301	0	0	0	42,999	0	0	0	0	0
長崎県	77,935	0	16,433	337	0	0	4,654	0	4,869	0	952	0	0	0	0	21,286	0	0	0	0	0
熊本県	0	0	0	2,179	0	0	0	0	863	0	1,820	8,375	0	0	0	0	0	0	14,517	0	0
大分県	11,534	0	16,297	404	0	80	1,672	0	0	0	2,933	2,433	0	0	0	31,169	0	0	921,739	0	8,401
宮崎県	0	4,625	0	0	0	23,810	11,063	305	0	0	0	1,070	0	0	0	34,011	0	0	4,788	0	0
鹿児島県	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,876	0	0	1,856	42,653	0	0	1,590	0	1,149	
沖縄県	0	0	0	0	0	0	0	0	1,975	9,241	0	4,144	0	0	0	29,675	0	0	0	0	0

注:「産業廃棄物処理施設状況調査(2023 年度、環境省)」の焼却量合計に対する各処理廃棄物の焼却量の割合や排ガス処理設備により類型化を行い、都道府県別・類型別に焼却量を集計したもの。

(5) 推計結果

以上の推計方法に従って推計した産業廃棄物焼却施設に係る全国の届出外排出量を表 23-9 に示す。(3)のとおり、2023 年度からは施設種類 B からの金属類の排出量について廃棄物焼却残さ等分析業務(2023 年度)から得られた測定データを用いて推計したことから、施設種類 B からの金属類の排出量が大きく減少し、産業廃棄物焼却施設に係る届出外排出量の推計結果は 2022 年度の 230t から 2023 年度の 98t に 57%減少した。

表 23-9 産業廃棄物焼却施設に係る届出外排出量の推計結果(2023 年度)

管理 番号	対象化学物質名	年間排出量 (kg/年)※
1	亜鉛の水溶性化合物	22,419
12	アセトアルデヒド	9,686
31	アンチモン及びその化合物	472
44	インジウム及びその化合物	2.5
53	エチルベンゼン	1,369
75	カドミウム及びその化合物	381
80	キシレン	7,078
82	銀及びその水溶性化合物	389
87	クロム及び三価クロム化合物	384
125	クロロベンゼン	582
127	クロロホルム	605
132	コバルト及びその化合物	29
150	1, 4-ジオキサン	829
178	1, 2-ジクロロプロパン	915
181	ジクロロベンゼン	2,259
262	テトラクロロエチレン	1,026
272	銅水溶性塩(錯塩を除く。)	1,905
281	トリクロロエチレン	1,438
300	トルエン	318
309	ニッケル化合物	1,204
321	バナジウム化合物	58
332	砒素及びその無機化合物	110
392	ヘキサン	2,812
400	ベンゼン	7,777
411	ホルムアルデヒド	2,805
412	マンガン及びその化合物	673
453	モリブデン及びその化合物	71
691	トリメチルベンゼン	28,004
697	鉛及びその化合物	2,166
合計		97,764

※:表 23-8 の全ての施設からの排出量の合計値を示す。なお、下限値に充てる数値により幅を持つ値であることに注意が必要((参考3)を参照)。

(参考1) 廃棄物種類類型の詳細

本推計で用いる施設種類 A の処理廃棄物中の含有濃度は、推進費研究(2015 年度～2017 年度、環境省等)において焼却残さ試料の分析データから推定されたデータである。推進費研究(2015 年度～2017 年度、環境省等)では、産業廃棄物焼却施設の廃棄物種類別焼却量のデータを用いてクラスター分析を実施し、全国の焼却施設を主要な廃棄物種類により類型化できることを明らかにした(「汚泥中心」、「廃油中心」、「廃プラ中心」、「木くず中心」、「感染性廃棄物中心」、「その他中心」および「混合」の 7 類型)。

本推計では推進費研究(2015 年度～2017 年度、環境省等)による施設の類型化にもとづく処理廃棄物中の含有濃度を用いるため、当該研究における施設の類型化方法と大きく異なる方法で施設を類型化することが適当と考えられる。そこで、「産業廃棄物処理施設状況調査(2018 年度、環境省)」から得られる焼却施設別の汚泥(下水汚泥を除く)、下水汚泥、廃油、廃プラ、木くず、感染性廃棄物、及びその他の 7 種の年間焼却量を用いてクラスター分析を実施し、各施設の「焼却量合計に対する各処理廃棄物の焼却量の割合」を用いて廃棄物種類の類型を行うための判定基準を検討した。その結果を図 23-5 に示す。この結果から、「中心」と判定する処理廃棄物の基準は、「焼却量合計に対する各処理廃棄物の焼却量の割合」が 50%以上が適当と判断した。

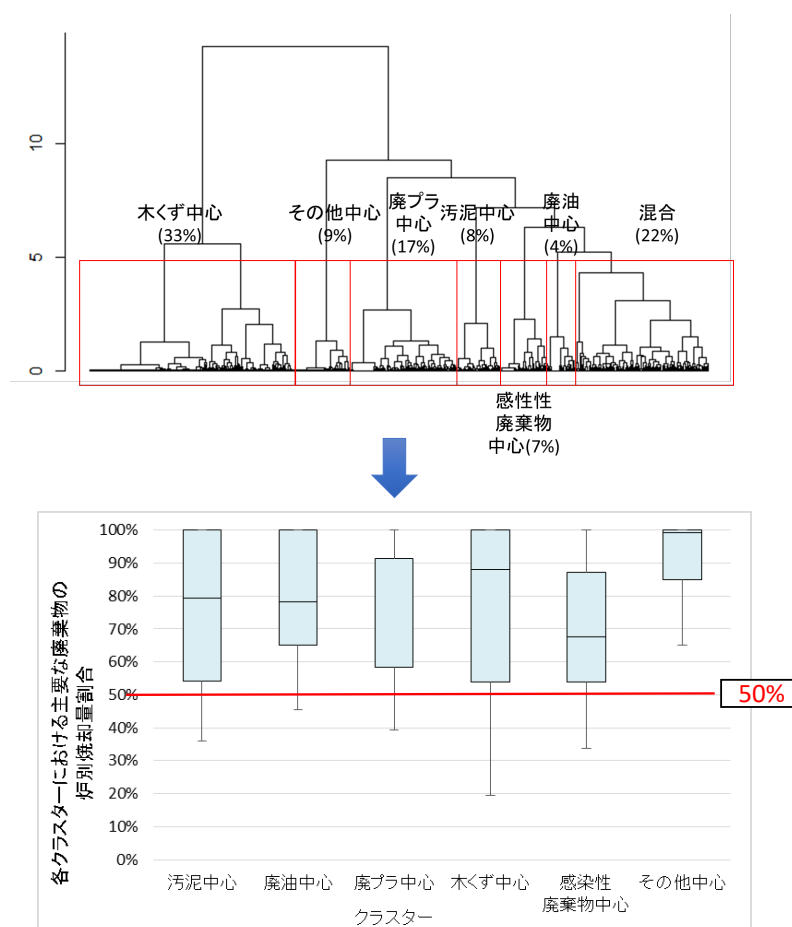


図 23-5 クラスター分析の結果にもとづく廃棄物種類類型

(参考2)届出・届出外排出量との比較

今回推計した産業廃棄物焼却施設に係る排出量を、2023年度のPRTR届出排出量及び届出外排出量と比較した結果を表23-10に示す。2023年度のPRTR届出排出量と届出外排出量の合計に対する産業廃棄物焼却施設に係る排出量の割合は、亜鉛の水溶性化合物等いくつかの物質で1%以上となったが、多くの物質で1%未満となった。

表 23-10 排出量推計結果の届出・届出外排出量との比較

管理 番号	対象化学物質名	2023 届出 排出量※ ¹	2023 届出外 排出量※ ²	産業廃棄物焼却 施設に係る排出量	【産廃】/ 【届出+届 出外】
		A	B	C	C/(A+B)
		kg/年	kg/年	kg/年	%
1	亜鉛の水溶性化合物	608,390	37,746	22,419	3.5%
12	アセトアルデヒド	45,021	1,765,877	9,686	0.53%
31	アンチモン及びその化合物	236,014	20,472	472	0.18%
44	インジウム及びその化合物	72	2.5	2.5	3.4%
53	エチルベンゼン	14,314,179	11,498,361	1,369	0.005%
75	カドミウム及びその化合物	44,355	1,300	381	0.83%
80	キシレン	18,141,758	30,851,452	7,078	0.014%
82	銀及びその水溶性化合物	2,755	3,809	389	5.9%
87	クロム及び三価クロム化合物	155,155	5,814	384	0.24%
125	クロロベンゼン	149,122	99,345	582	0.23%
127	クロロホルム	333,284	91,389	605	0.14%
132	コバルト及びその化合物	4,188	19,429	29	0.12%
150	1, 4-ジオキサン	59,744	3,064	829	1.3%
178	1, 2-ジクロロプロパン	20,227	1,090	915	4.3%
181	ジクロロベンゼン	71,199	4,932,307	2,259	0.045%
262	テトラクロロエチレン	473,551	84,956	1,026	0.18%
272	銅水溶性塩(錯塩を除く。)	83,948	14,858	1,905	1.9%
281	トリクロロエチレン	1,974,490	184,217	1,438	0.067%
300	トルエン	40,223,787	34,595,060	318	0.0004%
309	ニッケル化合物	100,446	92,513	1,204	0.62%
321	バナジウム化合物	45,249	8,454	58	0.11%
332	砒素及びその無機化合物	1,066,431	956	110	0.010%
392	ヘキサン	8,508,227	5,937,707	2,812	0.019%
400	ベンゼン	493,557	5,073,388	7,777	0.14%
411	ホルムアルデヒド	227,751	6,752,758	2,805	0.040%
412	マンガン及びその化合物	2,726,072	3,469	673	0.025%
453	モリブデン及びその化合物	36,681	18,366	71	0.13%
691	トリメチルベンゼン	4,113,144	9,136,457	28,004	0.21%
697	鉛及びその化合物	3,581,794	12,013	2,166	0.060%

※1:全媒体(大気、公共用水域、土壌、敷地内埋立)の合計値

※2:全排出源(「1.対象業種の事業者のすそきり以下」～「23.産業廃棄物焼却施設」)の合計値

(参考3)非定量データの影響

(4)①③)のとおり、下限値未満のデータは、その真値が0に近いか下限値に近い値かが不明であり、不確実性が大きい。そのため、本来は、非定量データを除いた、定量データのみで排出量を推計することが望ましい。

ただし、推進費研究(2015年度～2017年度、環境省等)で実施された実測調査では、可能な限り定量データを得るために、排ガス濃度の測定に係る下限値を下げた状態で測定がなされており、大多数の下限値未満のデータは、定量データと比較して低い下限値で測定がなされている。そのため、これら下限値未満のデータを排出量の推計に用いない場合、定量データと比較して相対的に低い施設の排出実態を考慮しないことになり、排出量を過大推計することが懸念される。そこで、下限値未満であるという情報を持つ非定量データを可能な限り有効活用することとした。

下限値未満データは、上述のとおり不確実性が大きいと、その取扱い方により「焼却による排出率」、「焼却量1トン当たりの化学物質排出量」の推計に大きく影響する可能性がある。そこで、今回の推計では、全ての物質について、前述のとおり下限値未満のデータに対して、その下限値の1/2の数値を充てることとしたが、ここでは、非定量データを用いることによる不確実性を確認することを目的として、下限値未満のデータに対してその下限値の1倍、1/2倍、0倍の数値をそれぞれ充てた場合の影響について考察した。

金属類については焼却による排出率、有機化合物については焼却量1トン当たりの化学物質排出量をそれぞれ図23-6、図23-7に示す。また、参考として、今回の推計に用いた定量データと非定量データの件数をそれぞれ表23-11、表23-12に示した。なお、非定量データがなく、定量データのみで推計を行った対象化学物質については図23-6、図23-7、表23-11、表23-12に含めていない。

金属類の「廃棄物種類類型別の焼却による排出率」については、ほとんどの物質と排ガス処理施設による施設類型の組み合わせにおいて、非定量データの取扱いによる変動は数%程度にとどまった一方、「アンチモン及びその化合物×EP」、「マンガン及びその化合物×EP」等、測定データ数が相対的に少ない組み合わせについては変動が大きく、そのほかの物質と比較して不確実性が大きいと考えられる。

有機化合物の「焼却量1トン当たりの化学物質排出量」について、「キシレン」、「1,4-ジオキサン」、「1,2-ジクロロプロパン」および「トリメチルベンゼン」は測定データの合計の件数に占める定量データの割合が高く(表23-12)、非定量データの取扱いによる変動は最大で10%程度にとどまった一方で、「ヘキサン」については測定データの合計の件数に占める定量データの割合が相対的に低いため、「焼却量1トン当たりの化学物質排出量」の変動が大きく、そのほかの物質と比較して不確実性が大きいと考えられる。

以上のように、測定データの合計の件数が相対的に少なく、かつ非定量データが含まれる物質、もしくは測定データ数に占める定量データの件数の割合が低い物質については、「焼却による排出率」や「焼却量1トン当たりの化学物質排出量」が大きく変動し、不確実性が大きいことが分かる。したがって、特に測定データ数の合計が相対的に少ない物質や定量データの件数の割合が低い物質については、引き続き産業廃棄物焼却施設における排ガス等の濃度等を収集し、精度の向上に努めることが望ましいと考えられる。

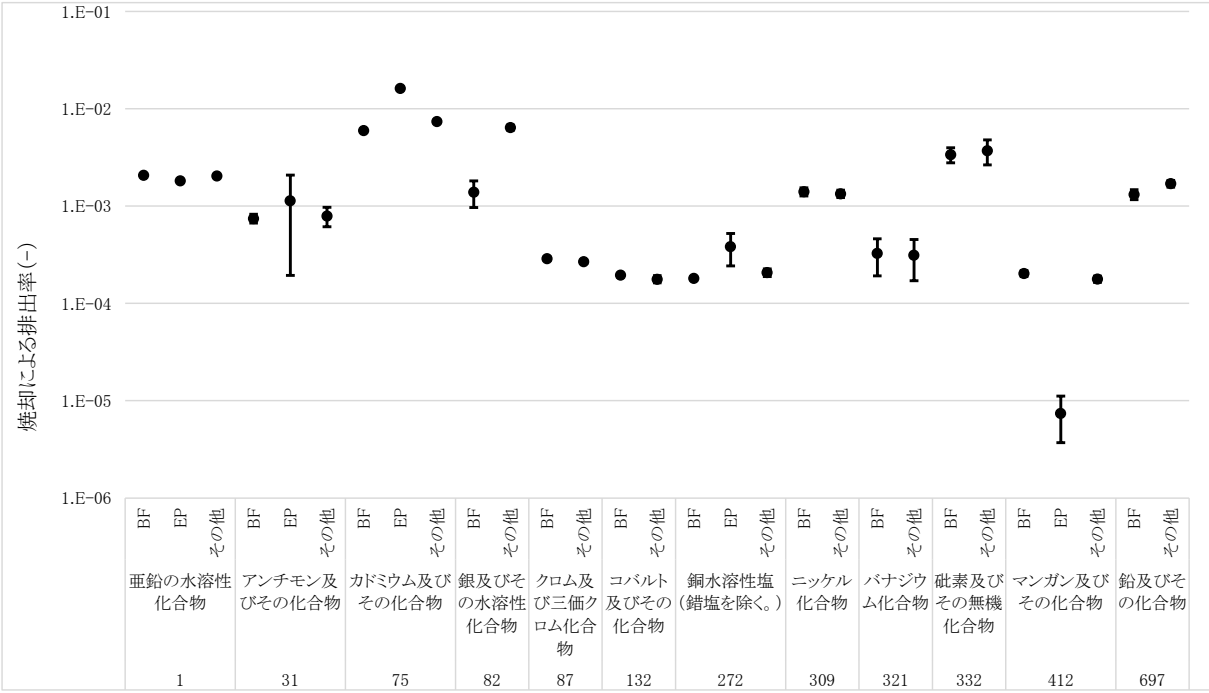


図 23-6 排ガス処理類型別の焼却による排出率(金属類)

注 1: 上限(―)、●、下限(―)はそれぞれ、【定量下限×1】、【定量下限×1/2】、【定量下限×0】を示す。
注 2: 施設類型が「その他」の施設については、焼却による排出率の測定データが得られていないため、全施設の焼却による排出率の測定データで代用している。

表 23-11 排ガス処理類型別の焼却による排出率の定量／非定量別の測定データ件数

管理 番号	対象化学物質名	施設類型	定量データ [件]	非定量データ [件]	合計 [件]
1	亜鉛の水溶性化合物	BF	21(95%)	1(5%)	22
		EP	2(67%)	1(33%)	3
		その他	23(92%)	2(8%)	25
31	アンチモン及びその化合物	BF	19(86%)	3(14%)	22
		EP	1(33%)	2(67%)	3
		その他	20(80%)	5(20%)	25
75	カドミウム及びその化合物	BF	8(42%)	11(58%)	19
		EP	2(67%)	1(33%)	3
		その他	10(45%)	12(55%)	22
82	銀及びその水溶性化合物	BF	12(55%)	10(45%)	22
		その他	15(60%)	10(40%)	25
87	クロム及び三価クロム化合物	BF	17(89%)	2(11%)	19
		その他	19(90%)	2(10%)	21
132	コバルト及びその化合物	BF	16(80%)	4(20%)	20
		その他	16(70%)	7(30%)	23
272	銅水溶性塩(錯塩を除く。)	BF	19(95%)	1(5%)	20
		EP	2(67%)	1(33%)	3
		その他	21(91%)	2(9%)	23
309	ニッケル化合物	BF	18(90%)	2(10%)	20
		その他	21(91%)	2(9%)	23
321	バナジウム化合物	BF	7(44%)	9(56%)	16
		その他	7(39%)	11(61%)	18
332	砒素及びその無機化合物	BF	14(67%)	7(33%)	21
		その他	14(64%)	8(36%)	22
412	マンガン及びその化合物	BF	17(85%)	3(15%)	20
		EP	2(67%)	1(33%)	3
		その他	19(83%)	4(17%)	23
697	鉛及びその化合物	BF	19(86%)	3(14%)	22
		その他	22(88%)	3(12%)	25

注 1: ()内は、合計の件数に占める定量データもしくは非定量データの件数の割合を示す。

注 2: 施設類型が「その他」の施設については、焼却による排出率の測定データが得られていないため、全施設の焼却による排出率の測定データで代用している。

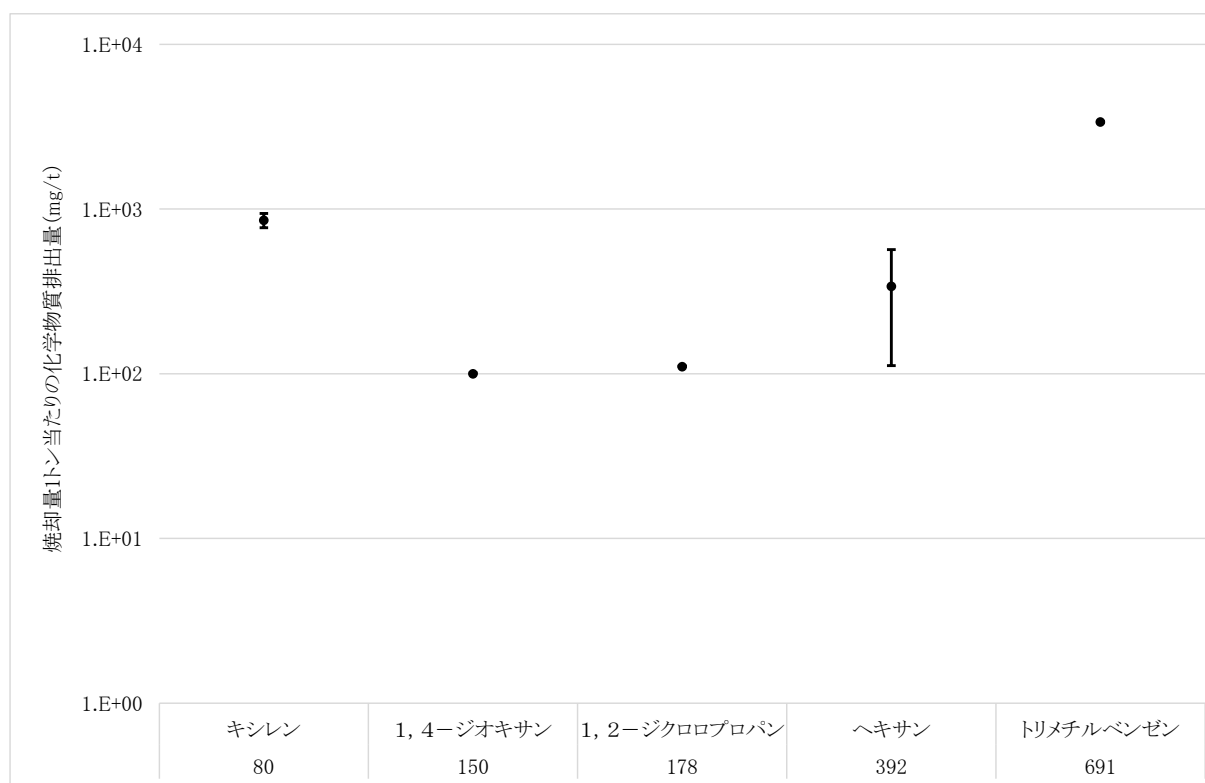


図 23-7 焼却量1トン当たりの化学物質排出量(有機化合物)

注: 上限(—)、●、下限(—)はそれぞれ、【定量下限×1】、【定量下限×1/2】、【定量下限×0】を示す。

表 23-12 焼却量1トン当たりの化学物質排出量に係る定量／非定量別の測定データ件数

管理番号	対象化学物質名	定量データ [件]	非定量データ [件]	合計 [件]
80	キシレン	—	—	9
150	1, 4-ジオキサン	7(78%)	2(22%)	9
178	1, 2-ジクロロプロパン	8(89%)	1(11%)	9
392	ヘキサン	2(22%)	7(78%)	9
691	トリメチルベンゼン	—	—	9

注 1: ()内は、合計の件数に占める定量データもしくは非定量データの件数の割合を示す。

注 2: キシレンはオルト-キシレン、メタ-キシレン、パラ-キシレンの「焼却量 1 トン当たりの化学物質排出量」を合計した値を用いており、定量データ／非定量データはそれぞれ 9 件／0 件、7 件／2 件、4 件／5 件である。また、トリメチルベンゼンについても、1, 2, 4-トリメチルベンゼン、1, 3, 5-トリメチルベンゼンの合計値を用いており、定量データ／非定量データはそれぞれ 8 件／1 件、9 件／0 件である。