

# ◎ごみ焼却工場と環境対策

馬淵邦雄 濱田雅巳

## 1 はじめに

ごみの焼却施設は、その処理プロセスの中で、排ガスや排水、悪臭、振動・騒音等の公害を発生する危険性を潜在的に有している。これらは、大気汚染防止法や水質汚濁防止法等の関係法令による規制基準を遵守するのはもちろんのこと、環境保全に支障を生じさせないための対策を施す必要がある。

特に、排ガス中の塩化水素や硫酸酸化物は酸性雨の、窒素酸化物は光化学オキシダントの原因にもなるため、これまでも厳しい排出基準を設定してきた。また、現在ではダイオキシン問題が市民の大きな関心を集めている。

ここでは、近年注目を集めているダイオキシン問題についての国における検討経緯を示すとともに、ごみ焼却工場排ガス中の有害物質規制やそれらに対応するための処理技術について概説し、現在建設中の新工場における環境対策を紹介する。

## 2 ごみ焼却工場とダイオキシン

アメリカ軍がベトナム戦争において使用した枯葉剤中に不純物としてダイオキシンが含まれていたという話はあまりに有名である。また、一九七六年にはイタリアのセベソ市にある農薬工場で爆発事故があり、大量のダイオキシン類が付近にばらまかれたことから、大きな社会問題に発展した。

一方、ごみ焼却工場におけるダイオキシン問題がわが国で注目を浴びたのは、一九八三年に愛媛大学立川教授の調査により、集じん灰の中からダイオキシンが検出されたことによる。

現在、ごみ焼却工場から排出されるダイオキシンが大きな社会的注目を集めているのは、その発ガン性、生殖毒性、催奇形性等が指摘されるとともに、我が国におけるダイオキシン発生量の約八〇%がごみ焼却工場で発生していると言われているためである。

### ① 厚生省における検討

こうした状況の中で、厚生省は一九八四年からダイオキシン類についての調査研究を開始し、一九九〇年十二月「ダイオキシン類発生防止等ガイドライン」(旧ガイドライン)が定められた。

その後、厚生省科学研究所においてダイオキシンの毒性評価についての研究が進められ、一九九六年六月に当面の耐用一日摂取量(TDI)(注1)を $10\text{ pg-TEQ/kg/day}$ (注2)(注3)とする提案が報告された。

そして、これを新たな評価基準(旧ガイドラインでは $100\text{ pg-TEQ/kg/day}$ )として、ダイオキシン対策の一層の強化を図るため、同年八月に「ごみ処理に係るダイオキシン削減対策検討会」が設置され、十二月には緊急対策をまとめた中間報告が、本年一月には恒久対策の検討結果と緊急対策を包含して、「ごみ処理に係るダイオキシン類発生防止等ガイドライン」(新ガイドライン)がとりまとめられた。

さらに、これらの対策を確実なものとするため、厚生省は廃棄物処理法政省令を改正し、

1 はじめに

2 ごみ焼却工場とダイオキシン

3 大気環境対策に対する考え方

4 規制値について

5 排ガス処理技術について

6 本市既存焼却工場におけるダイオキシン対策

7 新工場における環境対策

8 課題

注1 耐用一日摂取量(TDI)

健康影響の観点から、人間が一生摂取しても耐用されると判断される一日あたり、体重1kgあたりの摂取量。

注2 pg

ピコグラムと読む。ピコは単位のひとつで一兆分の一(10<sup>-12</sup>)を示す。

注3

毒性等量(TEQ)  
ダイオキシン類は多くの異性体を持ち、それぞれ毒性の強さが異なる。異性体の中で最も毒性の強い「二、三、七、八-TCDD」の毒性を1として、各異性体の毒性を毒性等価係数(TEF)により、換算した量。各異性体ごとに濃度とTEFの積を求め、これを総和したものをダイオキシン類濃度のTEQ換算値という。

焼却施設における構造・維持管理基準の見直しを行った。

## ② 環境庁における検討

環境庁においてもダイオキシン問題について健康影響の未然防止の観点から、一九九六年五月に「ダイオキシンリスク評価検討会」及び「ダイオキシン排出抑制対策検討会」が設置され、「健康リスク評価指針値」(注4)として $5 \text{ pg TEQ/kg/day}$ を採用するとともに、大気環境濃度削減のための目標値を $0.8 \text{ pg TEQ/m}^3$ とするなどの最終報告が本年五月に提出された。

また、これらの報告を踏まえ、本年六月には中央環境審議会から「有害大気汚染物質対策に関する第四次答申」(ダイオキシン類の排出抑制対策のあり方について)が出され、ダイオキシン類の大気汚染防止法における指定物質への追加指定が要望された。

これを受け、環境庁は大気汚染防止法施行令の一部を改正し、ダイオキシン類を指定物質として政令指定し、抑制基準を定めた。

## 3 大気環境対策に対する考え方

ごみ焼却工場の排ガスには、まず第一には関係法令等による規制が適用される。実際には、大気汚染防止法に基づき排ガス中の有害物質に対してさまざまな排出基準が設定されている。

一方、ごみ焼却工場等の大規模施設の建設では、横浜市環境影響評価指導要綱に基づくアセスメントが必要となり、近隣住民の理解

と協力を得るとともに環境保全に万全を期すため、厳格な基準値を設定している。また、既存工場についても環境保全局と協議の上、法令等による排出基準と比べて厳しい自主規制値を定めている。

## ① 法令等による規制の考え方 (大気汚染防止法)

⑦ ばい煙  
ごみ焼却施設は大気汚染防止法の分類では「廃棄物焼却炉」に属し、火格子面積 $2 \text{ m}^2$ 以上、又は焼却能力が一時間当たり $2000 \text{ kg}$ 以上の規模のものは「ばい煙発生施設」として、同法の適用を受ける。

大気汚染防止法で定義される「ばい煙」とは、硫酸酸化物、ばいじん、塩化水素、窒素酸化物であり、規制の対象とされている。

⑧ ダイオキシン  
先にも述べたとおり、厚生省は本年八月二十九日、廃棄物処理法に基づく政省令を改正し、焼却施設における構造・維持管理基準を見直し、排ガス中のダイオキシン濃度について基準を定めた。

また、環境庁は本年九月三日、大気汚染防止法施行令を改正し、廃棄物焼却炉から排出されるダイオキシン類を、有害大気汚染物質のうち、その排出又は飛散を早急に抑制しなければならぬ指定物質として政令指定し抑制基準を定めた。

いずれも、本年十二月一日より施行される。

## ② 自主規制(管理目標)の考え方

横浜市環境影響評価要綱では良好な環境の

保全に資するため、一定規模以上の事業(開発事業)という。については、環境影響評価を実施することとしている。

ごみ焼却工場では処理能力が一日 $2000 \text{ t}$ 以上又は排ガス量が $400,000 \text{ m}^3/\text{h}$ 以上の新設又は増設を行う場合に手続きが必要となるが、本市でのごみ焼却工場適用第一号が一九九五年に稼動した鶴見工場である。

実際には、建設予定地周辺の環境現況を調査・把握するとともに、施設稼動後の影響を予測評価することとなるが、本市では環境に対する影響を最小限に留めるため、技術的に可能な最高水準の排出基準を設定している。

なお、施設稼動後にはこの自主規制値を基準に運転管理を行うとともに、規制を受けることとなる。

一方、本市では窒素酸化物対策指導要綱等により事業者と協議の上、自主管理値として法規制以上の排出基準を定めており、既存工場においてもこれが適用され、運転管理はもろろん実際の規制値として指導を受けている。

本市焼却工場における法令等による規制値と管理目標値を表1-1に示す。

注4

健康リスク評価指針値  
ダイオキシン類に関し、人の健康を維持するための許容限度としてではなく、より積極的に維持されることが望ましい水準として人の暴露量を評価するために用いられる値。

表-1 既存焼却工場の排ガス基準

項目	港南工場	栄工場	保土ヶ谷工場	都筑工場	鶴見工場
ばいじん	法規制値 (適用排出基準)	0.10g/m <sup>3</sup> N (12% O <sub>2</sub> 換算) (旧特別基準)			0.08g/m <sup>3</sup> N (12% O <sub>2</sub> 換算) (新特別基準)
	管理目標	0.03g/m <sup>3</sup> N (12% O <sub>2</sub> 換算)			0.02m <sup>3</sup> N/h (12% O <sub>2</sub> 換算)
硫酸酸化物	法規制値 (12% O <sub>2</sub> 換算)	56.307m <sup>3</sup> N/h (776ppm)	60.549m <sup>3</sup> N/h (501ppm)	28.839m <sup>3</sup> N/h (298ppm)	35.423m <sup>3</sup> N/h (366ppm)
	K値	3.0		2.92	1.17
塩化水素	管理目標	100ppm	80ppm		50ppm
	法規制値 (12% O <sub>2</sub> 換算)	700mg/m <sup>3</sup> N (430ppm)			20ppm
窒素酸化物	管理目標	430ppm			15ppm
	法規制値 (12% O <sub>2</sub> 換算)	24.288m <sup>3</sup> N/h (112ppm)	39.458m <sup>3</sup> N/h (109ppm)	31.919m <sup>3</sup> N/h (110ppm)	31.919m <sup>3</sup> N/h (110ppm)
管理目標	110ppm	100ppm	95ppm	100ppm	22.368m <sup>3</sup> N/h (77ppm)
管理目標	110ppm		100ppm	95ppm	50ppm

#### 4 規制値について

##### ① 法令等における排出基準の考え方

大気汚染防止法で規定している排出基準には次の四種類がある。

##### ⑦ 一般排出基準

全国一律の基準

##### ⑧ 特別排出基準

ばい煙発生施設が集合した、政令で定められている地域において新設される施設に適用され、現在は硫黄酸化物とばいじんに規定されている。

##### ⑨ 上乗せ排出基準

一般排出基準、特別排出基準によっては十分と認められたとき、都道府県が条例でより厳しい基準（上乗せ基準）を定めることができる。

##### ⑩ 総量規制基準

前記の排出基準によっては環境基準の達成が困難であるとき、指定ばい煙（現在は硫黄酸化物と窒素酸化物）ごとに、指定地域において一定規模以上の施設（特定工場）に対して定められる。

##### ⑪ 実際の排出規制基準について

##### ① 硫黄酸化物

硫黄酸化物の排出規制は、いわゆるK値規制で行われる。これは、それぞれの地域ごとに定められるK値と、施設の有効煙突高さから排出基準を算出する方式で、煙突による拡散効果を考慮した規制方式である。

排出基準の算出式は次のとおりである。

$$q = K \times 10^{-3} \cdot H_e^2$$

D：硫黄酸化物基準排出量( $\mu\text{g}/\text{h}$ ) (注5)

5)

D：政令で定める地域ごとに、規則別

表第一に掲げる数値

$H_e$ ：有効煙突高さ(m)

##### ② ばいじん

ばいじんの排出基準は、施設の種類と規模により一般排出基準及び特別排出基準が定められている。

本市では自主規制として、さらに厳しい自主管理目標濃度を設定している。

##### ③ 塩化水素

塩化水素の排出基準は、残存酸素濃度12%換算値で $700 \mu\text{g}/\text{h}$ である。これは排出濃度としては約 $430 \text{ ppm}$ に相当するが、残存酸素濃度を一定値に換算するのは濃度の希釈変動を補正するためであり、酸素濃度を12%としたのは連続焼却炉のほぼ平均的な値を参考に定めたものである。

なお、本市では自主規制として、さらに厳しい自主管理目標濃度を設定している。

また、本年四月から横浜市焼却炉ばい煙等対策指導要綱により、新たな規制が導入され、今後建設する施設についてはさらに厳しい基準値が定められた。

##### ④ 窒素酸化物

窒素酸化物の排出規制は、大気汚染防止法施行規則では各地域別に県知事が総量規制値を定めることとされており、その計算式が一九九六年四月に改正され、これ以降建設する焼却工場については一層厳しい基準が適用されることになっている。

横浜市では横浜市窒素酸化物対策指導要綱

により、さらに厳しい基準値が定められている。

##### ⑤ ダイオキシシン

ダイオキシシンの排出基準を表1-2に示すが、新たに設置される指定物質排出施設については一九九七年十二月一日から規制値として $0.1 \text{ ng-TEQ}/\text{h}$  (注6)が適用される。

また、既存施設についても一九九八年十二月一日から適用されることとなるが、二〇〇二年十一月三十日までは当面の基準値として $80 \text{ ng-TEQ}/\text{h}$ を、それ以降は焼却施設の規模別により一層厳しい恒久対策としての規制値(本市焼却工場では $1 \text{ ng-TEQ}/\text{h}$ )を遵守する必要がある。

ここでの当面の基準値(緊急対策を必要とする基準値) $80 \text{ ng-TEQ}/\text{h}$ は次のような考え方により設定された。すなわち、動物実験の結果からNOAEL(無毒性量)を $1 \text{ ng/kg}/\text{day}$ とし、これに種差や固体差による不確定係数を100として設定された $100 \text{ ng/kg}/\text{day}$ を満足するため、現状の大気(比較的高濃度の都市部平均)及び食品(平均+標準偏差)からの摂取量を加味した上で、ごみ焼却工場の排出ガス拡散率を二十万倍(比較的拡散しにくい条件を設定)として導き出されたものであり、安全に配慮した数値と考えられる。

しかも、今回の法改正ではこの基準の達成により免罪符が与えられるのではなく、ごみ焼却工場周辺への影響を防止するための数値として取り扱われており、既存工場についても施行後五年以内に恒久対策の数値を満足させるよう求めている。

注5

$\mu\text{g}$ はノルマルと読む。気体は温度や圧力により体積が変化するため、 $0^\circ\text{C}$ 、一気圧に換算した状態を $\mu\text{g}$ で表現する。そのときの気体の体積。

注6

$\text{ng}$ はナノグラムと読む。ナノは単位のひとつで十億分の一( $10^{-9}$ )を示す。

表一2 指定物質抑制基準(ダイオキシシン排出基準)

指定物質排出施設	抑制基準(告示で指定)
火格子面積が $2 \text{ m}^2$ 以上または焼却能力が1時間当たり $200 \text{ kg}$ 以上 $2000 \text{ kg}$ 未満のもの	新設: $5 \text{ ng-TEQ}/\text{m}^2\text{N}$ 既設: $10 \text{ ng-TEQ}/\text{m}^2\text{N}$
火格子面積が $2 \text{ m}^2$ 以上または焼却能力が1時間当たり $2000 \text{ kg}$ 以上 $4000 \text{ kg}$ 未満のもの	新設: $1 \text{ ng-TEQ}/\text{m}^2\text{N}$ 既設: $5 \text{ ng-TEQ}/\text{m}^2\text{N}$
焼却能力が1時間当たり $4000 \text{ kg}$ 以上のもの	新設: $0.1 \text{ ng-TEQ}/\text{m}^2\text{N}$ 既設: $1 \text{ ng-TEQ}/\text{m}^2\text{N}$

一方、新設工場の基準としては、環境への負荷を極力減少させるため、現有の最新技術を導入することで達成可能な数値 $0.1 \text{ mg-TEQ/EN}$ を規制値としている。

## 5 一排ガス処理技術について

ごみを焼却処理する結果として高温の排ガスが発生し、その中にはばいじんや窒素酸化物、塩化水素などの有害ガス成分が含まれるが、環境を保全するためにはそれらを規制値以下に除去する排ガス処理が必要になる。ここでは、排ガス処理技術について述べる。

### ① ばいじん

電気集じん器(注7)が多く用いられているが、最近では集じん効率の高いろ過式集じん器(バグフィルタ)(注8)が、排ガス中の重金属やダイオキシン類の吸着除去に優れていることから、採用されるようになってきた。

### ② 硫黄酸化物( $\text{SO}_x$ )

都市ごみ焼却排ガス中の硫黄酸化物は、塩化水素と同時処理されるのが一般的である。

### ③ 塩化水素(HCl)

都市ごみ焼却排ガス中の塩化水素濃度は、約 $300 \sim 1000 \text{ ppm}$ の範囲にある。除去法を大別すると、乾式法と湿式法に分けられる。

①乾式法はアルカリ粉末を集じん装置前の排ガス中に吹き込んで塩化水素、硫黄酸化物と反応させ、固体の中和生成物として回収する

方法である。アルカリ剤としては通常炭酸カルシウムや消石灰が用いられる。

②湿式法は排ガスをアルカリ性薬剤で洗浄し、塩化水素、硫黄酸化物を高効率で除去する方式である。アルカリ剤としては苛性ソーダ溶液が用いられる。

### ④ 窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )

都市ごみ焼却排ガス中の窒素酸化物濃度は通常 $70 \sim 150 \text{ ppm}$ 程度であり、排出基準の $250 \text{ ppm}$ を超えることはまれであるが、総量規制が導入されている地域ではさらに厳しい規制がかけられている。

○無触媒脱硝法は焼却炉内の火炎部(八〇〇〜九〇〇℃)にアンモニア水又は尿素水を吹き込み脱硝を行う方法である。

○触媒脱硝法は触媒層に排ガスを通す方法であるが、高い除去性能と確実性を得るためごみ焼却炉においても採用されている。還元剤には $\text{NO}_x$ と反応するアンモニア( $\text{NH}_3$ )が用いられ、通常集じん装置の後で吹き込まれる。触媒は低温でも有効で、かつ機能が劣化しない物質が用いられる。

### ⑤ ダイオキシン

ダイオキシン類の生成機構は未だすべて解明されていないが、一般的には燃焼室内でのいわゆる不完全燃焼により燃焼ガス中の炭化水素と塩素が結びついて一次的に発生するものと、燃焼ガスが燃焼室を出た後のボイラ等で冷却され、排ガス中のクロロベンゼン・クロロフェノールなどの前駆物質から合成されるものや、集じん装置内ではばいじん中の重金

属類、特に銅の触媒作用により生成されるなど、二次的に発生するものがあるといわれている。特に排ガス温度 $300^\circ\text{C}$ 付近で最も生成量が多い。したがって、ダイオキシン対策では、これらの生成要因を取り除くことが必要となる。

具体的には、一次的な発生を防止するために、良好な燃焼状態を維持し安定燃焼を行うこと、 $800^\circ\text{C}$ 以上の燃焼温度を維持すること、燃焼ガスを完全燃焼させるために $800^\circ\text{C}$ 以上の温度で二秒以上の滞留時間を確保すること、燃焼用空気と燃焼ガスの混合攪拌を十分に行うことが重要である。

また、二次的な発生を防止するために、ボイラ内部に堆積するばいじんを十分に除去すること、集じん装置入り口排ガス温度をおおむね $200^\circ\text{C}$ 以下に低減すること、さらに、ダイオキシン類はばいじん粒子に含まれることが多いので高効率な集じん装置を設置することが重要となる。

## 6 本市既存焼却工場における

### ダイオキシン対策

本市の既存焼却工場から排出される、排ガス中のダイオキシン濃度は平成八年度の測定結果では $0.00043$ から $2.7 \text{ ng-TEQ/EN}$ の範囲となっている。五年後までに達成すべき既設炉の基準値は $1 \text{ ng-TEQ/EN}$ であるが、基準値を上回る工場については、順次計画的に燃焼設備や排ガス処理設備の改善を実施するとともに、良好な燃焼管理を徹底することにより、既設炉の基準

注7

電気集じん器  
放電極(+)から電子を放電し、排ガス中のばいじんを帯電させ、集じん極(-)の集じん板により捕捉する装置、集じん効率が高く、維持管理も容易なため、広く採用されている。

注8

ろ過式集じん器(バグフィルタ)  
ガラス繊維等のろ布により、排ガス中のばいじんをろ過する装置。集じん効率が高い。



を達成させる。

また、焼却工場は稼働後相当の年数を経過すると大幅な改修が必要となることから、その中で新設の基準 $0.1 \text{ mg-TEQ/m}^3$ を達成させていく計画としている。

## 7 新工場における環境対策

本市では、現在、平成六年度着工の旭工場改修事業（平成十年度竣工予定）及び、平成七年度着工の金沢工場（仮称）建設事業（平成十二年度竣工予定）を行っているが、ここでは最新工場の環境対策の一例として、金沢工場について紹介する。金沢工場の概要を図に示す。

### ① 高度な排ガス処理設備の導入

排ガス処理方式としては、「減温塔＋消石灰・活性炭噴射＋ろ過式集じん器（バグフィルター）＋排ガス再過熱器＋触媒脱硝装置」を採用しており、特徴は以下のとおりである。

- ①ろ過式集じん器における排ガス処理温度を一五〇℃に低減させることにより、塩化水素や硫酸酸化物の除去効率を向上させている。
- ②触媒脱硝装置を導入することにより、高度な窒素酸化物除去を可能としている。
- ③除去機能の高いろ過式集じん器の採用、活性炭噴射による吸着除去、さらには脱硝触媒における分解機能等により、ダイオキシン類の排出濃度としては、法令等の規制値に十分対応できる工場としている。

### ② 高効率発電の採用

ボイラからの発生蒸気を四〇気圧、四〇〇℃に高めることにより、焼却により発生する熱エネルギーの約二〇％を電力（発電出力：三五、〇〇〇kW）として回収することが可能となり、所内動力源として使用するほか、隣接の南部汚泥処理センター等にも供給し、余剰電力については東京電力に売電する予定である。これらは、焼却余熱の有効利用ばかりでなく、現在問題となっている二酸化炭素による地球温暖化対策にも有効である。

### ③ 焼却灰溶融設備の導入

金沢工場では、ごみ処理により発生する焼却灰のうち、一日六十トン発電電力を利用した溶融設備によりスラグとして回収し、道路路盤材として有効利用を図る計画である。溶融スラグでは、重金属等の有害物質の溶出が抑制できるばかりでなく、溶融処理により焼却灰中のダイオキシン類の分解も可能であることから、環境負荷の低減にも有効となる。

### ④ その他

プラント排水は処理した後、再びプラント用水として施設内で利用するとともに、隣接の南部汚泥処理センターからは「消化ガス」（注9）の、また、金沢下水処理場からは「ろ過水」（注10）の供給を受けるなど、資源の有効利用に配慮した施設としている。

## 8 課題

これまで述べてきたとおり、ごみ焼却工場では法規制等のより一層の厳格化により、新

設工場ばかりでなく既存工場においても高度な排ガス処理装置の導入が不可欠な状況となっている。これらは、施設建設費ばかりでなく維持管理費、とくに薬品費の増大を招いている。事実、厳しい排ガス基準を設定している鶴見工場の薬品代は、平成八年度実績で同規模他工場の約二～三倍となっている。

また近年、水質汚濁防止法の有害物質に有機塩素化合物や重金属のセレンが追加指定される一方、悪臭防止法の特定悪臭物質として各種のアルデヒド類、有機溶剤等が新たに指定されるなど、未規制物質に対する新たな規制強化が図られている。ごみ焼却工場の環境対策を考えていくには、これら未規制物質に対する法令改正等の動向にも十分注視する必要がある。

現在、ごみ処理の分野では資源化・減量化の進展が社会的に強く求められており、本市においてもびん・缶の分別収集をはじめとしてさまざまな施策を積極的に推進しているが、焼却処理に頼らなければならないごみが多く存在することもまた事実である。このため、焼却工場の環境対策としては、未規制物質への規制強化にも配慮しつつ、いかに効率よく環境への負荷を低減させるかといった技術的課題の解決とともに、コスト面にも配慮したリスクマネジメント（注11）からの検討も重要となっている。

〈馬淵 環境事業局施設課課長補佐 設備係長／濱田 同局工場建設課機械係長〉

注9

消化ガス  
下水処理において発生する汚泥を、微生物を利用して分解する際に生ずる可燃性ガス。

注10

ろ過水  
下水処理水を再利用するため、砂ろ過装置により高度処理したもの。

注11

リスクマネジメント  
環境に排出される有害物質について、現在あるいは将来予想される暴露量下における健康に対する影響を科学的に見積もり評価することをリスクアセスメントという。これに対して、リスクアセスメントの結果と社会的、経済的かつ政治的な側面を考慮して、最も適切な政策を選択する意思決定をいう。