

排ガス自主基準値についての検討資料

< 目 次 >

1. ごみの焼却処理	1
(1) ごみに含まれるもの	1
(2) 排ガス中に含まれる大気汚染物質	2
2. 大気汚染防止法の概要	3
(1) 大気汚染防止法	3
(2) 法規制値	3
3. 排ガス中における大気汚染物質の抑制対策	4
(1) 既設における抑制対策	4
(2) ばいじん	5
(3) 硫黄酸化物	6
(4) 塩化水素	6
(5) 窒素酸化物	7
(6) 水銀	7
(7) ダイオキシン類	8
4. 全国他自治体における排ガス規制値	9
(1) 既存施設の排ガス規制値	9
(2) 最新の全国他自治体における排ガス規制値	9
5. 新ごみ処理施設での規制値	10

1. ごみの焼却処理

(1) ごみに含まれるもの

焼却対象となるごみは、大別して可燃分、灰分、水分からなり、このうち可燃分には紙類、繊維、生ごみ、木草、プラスチック類等（プラスチック類、ゴム・皮革）などが含まれていません（表1参照）。また、これら可燃ごみの元素組成は、炭素（C）、水素（H）、酸素（O）、窒素（N）、硫黄（S）、塩素（Cl）からなっています（表2参照）。

表1 焼却対象ごみの組成と三成分

項目		H27	H28	H29	H30	H1
組成割合	紙・布類	46.4%	51.1%	45.4%	53.3%	52.0%
	ビニール・ゴム・合成樹脂・皮革類	29.8%	16.4%	23.8%	24.2%	23.0%
	木・竹・わら類	8.7%	11.9%	5.2%	4.7%	3.9%
	生ごみ	11.8%	14.2%	21.8%	13.4%	15.0%
	不燃物	0.5%	1.5%	1.2%	1.3%	2.0%
	その他	2.8%	5.0%	2.7%	3.1%	4.1%
	計	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
三成分	水分	40.1%	45.4%	48.9%	51.8%	50.6%
	灰分	4.6%	6.1%	5.9%	4.4%	5.3%
	可燃分	55.4%	48.5%	45.2%	43.8%	44.2%
	計	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

注) 1. 出典：資源リサイクルセンターごみ質調査結果（各年度、年4回調査の平均値）
 2. 端数処理の関係で合計が100%にならない場合がある

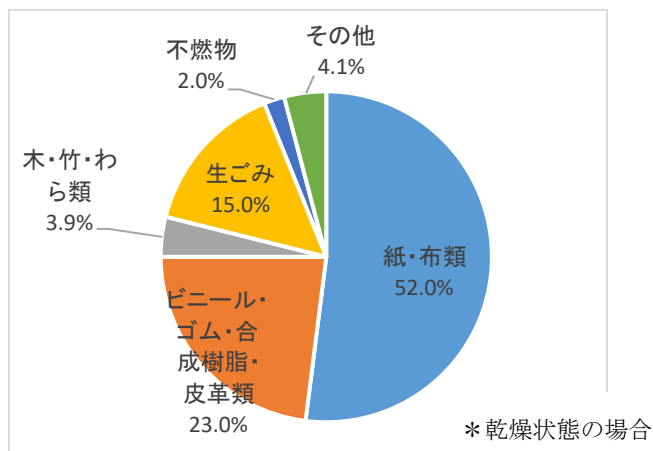
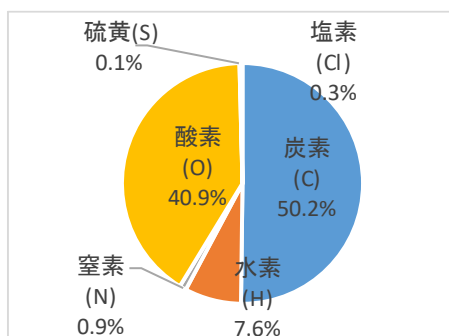


図1 焼却対象ごみの組成（令和元年度）



注) 1. 出典：ごみ処理施設整備に計画・設計要領 2017 年版
 2. 出典記載の数値を 100%に換算した値

図2 ごみに含まれる可燃分の元素組成

(2) 排ガス中に含まれる大気汚染物質

ごみを焼却すると可燃分が燃焼（酸化）してガスになります。このガス中には炭素分が燃えて発生する二酸化炭素のほか、大気汚染物質と呼ばれる有害物質が含まれます（図 1 参照）。排ガス中に含まれる大気汚染物質の種類と内容は表 2 に示すとおりです。

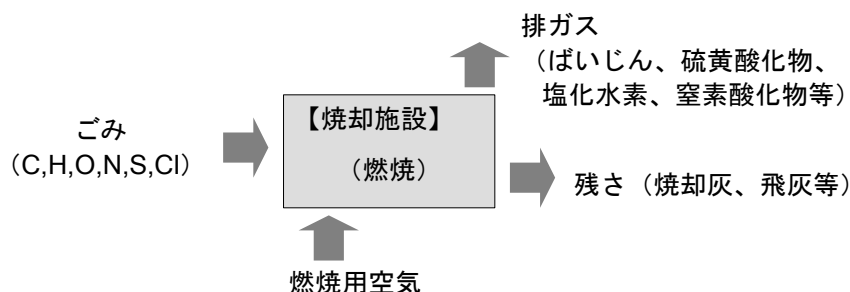


図 3 ごみの燃焼と排ガスのイメージ

表 2 排ガスに含まれる大気汚染物質の種類

種類	内容
ばいじん	ごみを燃焼することにより発生する飛散性の粒子状物質で、すすなどの総称。大気中に浮遊している粒子状物質のうち、特に人の健康に影響を与える可能性の大きい粒径 $10\mu\text{m}$ (0.01mm) 以下のもの。(重金属の微粒子などもここに含まれる)
硫黄酸化物 (SO_x)	ゴムなど硫黄分 (S) を含むごみを燃焼することにより生じる二酸化硫黄 (SO_2)、三酸化硫黄 (SO_3) などの総称。水と反応すると強い酸性を示すため、酸性雨の原因になると考えられる。
塩化水素 (HCl)	塩化ビニルなどのプラスチックや食塩等の無機塩化物等に含まれる塩素 (Cl) を焼却処理することにより発生する物質。酸性ガスとして焼却炉設備内の腐食に影響する物質であるほか、硫黄酸化物などと同様に、酸性雨の原因になると考えられる。
窒素酸化物 (NO_x)	ごみに含まれる窒素分 (N) を燃焼することによって発生する窒素と酸素の化合物の総称で、主に一酸化窒素 (NO) と二酸化窒素 (NO_2) が大気汚染に関係する。硫黄酸化物などと同様に、酸性雨の原因になると考えられる。
水銀 (Hg)	他項目とは異なり、ごみの燃焼過程で生成されるものではなく、水銀式体温計や蛍光灯、水銀電池など、日常生活でも使われているものが廃棄される際に、分別不適物としてごみに混入することで発生するものである。
ダイオキシン類	ごみの燃焼等の過程で非意図的に生成される炭素、水素、塩素等で構成される化合物で、環境省より、人の健康を保護する基準として体重 1kg あたり 4pg という 1 日耐容摂取量が示されている。

2. 大気汚染防止法の概要

(1) 大気汚染防止法

大気汚染防止法は、国民の健康を保護するとともに、生活環境を保全することなどを目的に、昭和43年に制定されました。そして、人の健康を保護し生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準として、「環境基準」が環境基本法において設定されており、この環境基準を達成することを目標に、大気汚染防止法に基づいて規制を実施しています。

大気汚染防止法では、ばい煙^{※1}、粉じん^{※2}などを規制しており、廃棄物焼却炉は、ばい煙発生施設に指定されています。

また、ダイオキシン類はダイオキシン類対策特別措置法に基づき対応しています。

※1 ばい煙：物の燃焼等に伴い発生するばいじん、硫黄酸化物、塩化水素、窒素酸化物など

※2 粉じん：物の破碎や堆積等により発生し、又は飛散する物質

(2) 法規制値

大気汚染防止法等における法規制値は、表3に示すとおりです。

表3 法規制値

関係法令	項目	法規制値	備考		適用施設
大気汚染防止法	ばいじん	0.04 g/m ³ N	H10.7以降	4t/h以上	
		0.08 g/m ³ N		2~4t/h	
		0.15 g/m ³ N		2t/h未満	新施設
		0.08 g/m ³ N	H10.7以前	4t/h以上	現施設
		0.15 g/m ³ N		2~4t/h	
		0.25 g/m ³ N		2t/h未満	
	硫黄酸化物	K値 17.5	高山市全域		
	塩化水素	約430 ppm (700mg/m ³ N)			
	窒素酸化物	250 ppm			
	水銀	30 μg/m ³ N	H30.4以降		新施設
50 μg/m ³ N		H30.4以前		現施設	
ダイオキシン類対策特別措置法	ダイオキシン類	0.1 ng-TEQ/m ³ N	H12.1以降	4t/h以上	
		1 ng-TEQ/m ³ N		2~4t/h	
		5 ng-TEQ/m ³ N		2t/h未満	新施設
		1 ng-TEQ/m ³ N	H12.1以前	4t/h以上	現施設
		5 ng-TEQ/m ³ N		2~4t/h	
		10 ng-TEQ/m ³ N		2t/h未満	

3. 排ガス中における大気汚染物質の抑制対策

上述したように、ごみの焼却に伴って発生するガスには、大気汚染防止法等で定められる規制物質が含まれていることから、この排出濃度あるいは排出の総量等を規制するため、ごみ処理施設には排ガス処理設備を設置し、排ガス中の大気汚染物質の濃度を指定した濃度以下に抑制する必要があります。次に、各大気汚染物質の抑制対策（技術）について整理します。

(1) 既設における抑制対策

排ガス中における大気汚染物質の抑制対策について、現在の資源リサイクルセンターにおける抑制対策は、表 4 に示すとおりです。また図 4 にごみ処理フローと排ガスの流れを示します。

表 4 排ガス中における大気汚染物質の抑制対策

種類	抑制対策
ばいじん	バグフィルタで除去
硫黄酸化物	消石灰等を吹き込み、化学反応させて固体とし、バグフィルタ等で除去
塩化水素	硫黄酸化物と同じ。
窒素酸化物	炉内で燃焼条件を整えることにより発生量を抑制
水銀	バグフィルタ等で除去
ダイオキシン類	完全燃焼することにより大部分を抑制し、排ガスを急冷することで再合成を抑制し、バグフィルタ等で除去

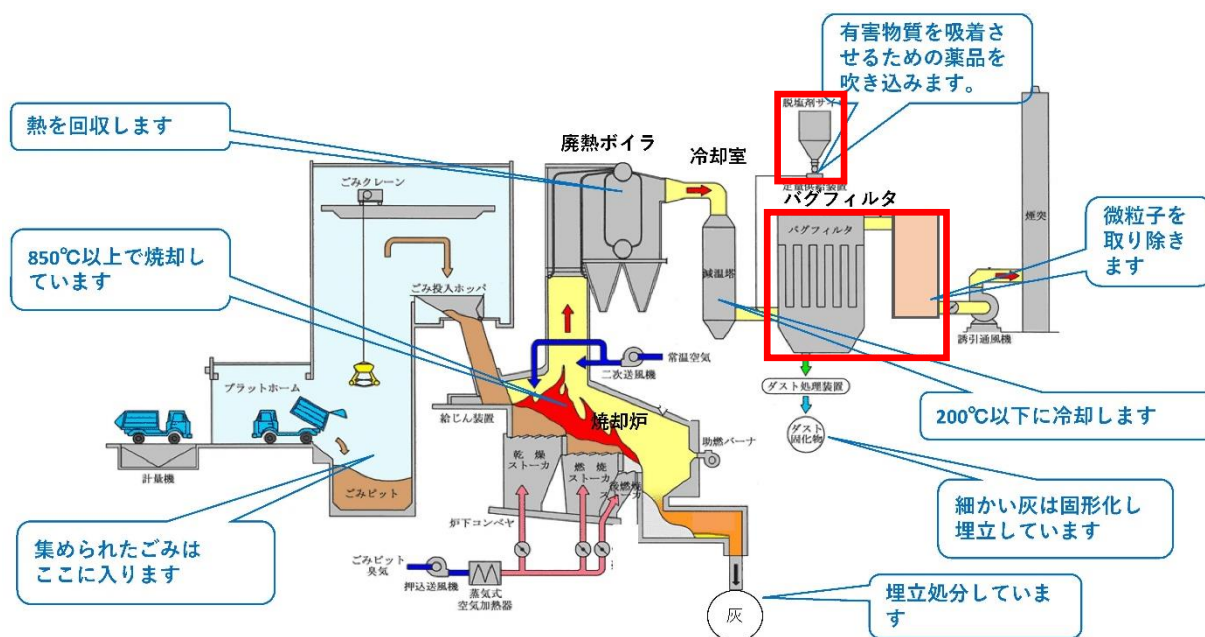


図 4 ごみ処理フローと排ガスの流れ（資源リサイクルセンター）

(2) ばいじん

排ガス中のばいじん量は、設備の形式や運転状況等によって異なりますが、一般的なストーカ炉においては、 $2\sim 5\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ 程度含まれています。排ガス中のばいじんを高度に除去できる技術としては、「ろ過式集じん器」(バグフィルタ)(図6参照)が一般的です。また、排ガスをろ布でろ過することでばいじんを捕集するので、非常に微細なばいじんまで捕集することができます。

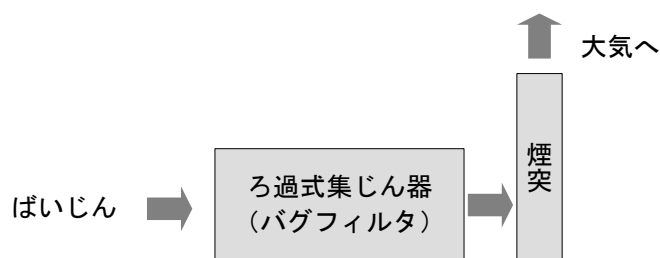
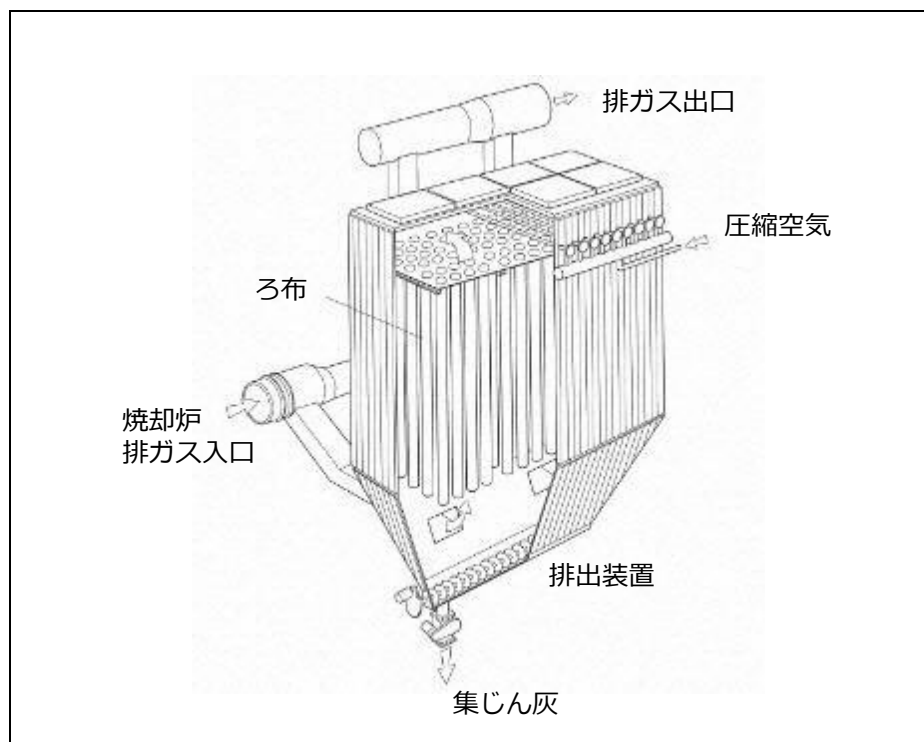


図5 ばいじんの抑制対策

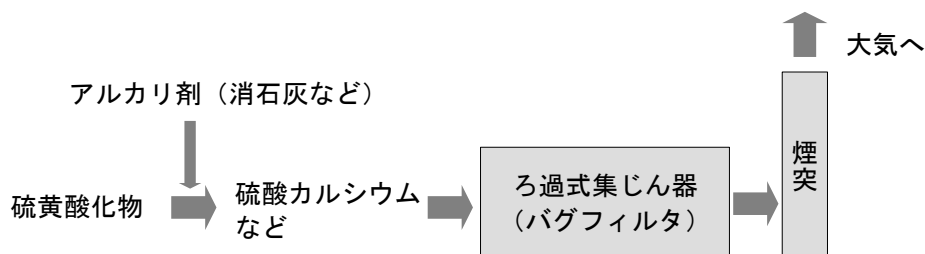


出典：ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2017年改訂版

図6 ろ過式集じん器 (バグフィルタ)

(3) 硫黄酸化物

排ガス中の硫黄酸化物 (SO_x) は、通常 20~80ppm あると言われてしていますが、排ガス中の SO_x はアルカリ剤 (消石灰など) と反応させることで、粒子状の物質 (硫酸カルシウムなど) を形成します。そのため、排出抑制の原理はばいじん除去と同じで、硫酸カルシウム等となった粒子状物質をろ過式集じん器で捕集することにより、大気への排出を抑制することができます。

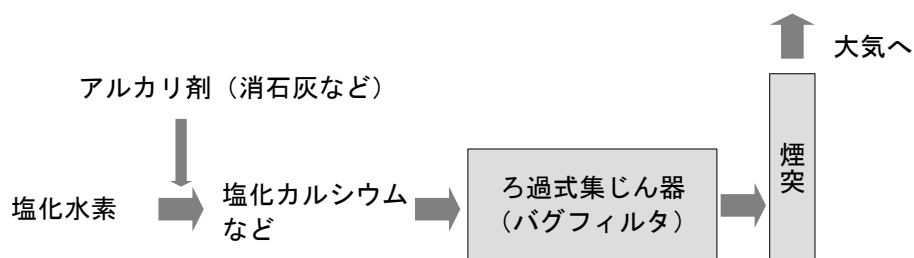


注) 薬剤との反応例: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ [消石灰] + SO_2 [二酸化硫黄] \rightarrow CaSO_3 [硫酸カルシウム] + H_2O [水]

図 7 硫黄酸化物の抑制対策

(4) 塩化水素

排ガス中の塩化水素 (HCl) は、通常 $700\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$ (酸素濃度 12%換算値) と言われてしていますが、こちらも SO_x と同様に、排ガス中の HCl はアルカリ剤 (消石灰など) と反応させることで、粒子状の物質 (塩化カルシウムなど) を形成します。そのため、排出抑制の原理はばいじん除去と同じで、塩化カルシウム等となった粒子状物質をろ過式集じん器で捕集することにより、大気への排出を抑制することができます。



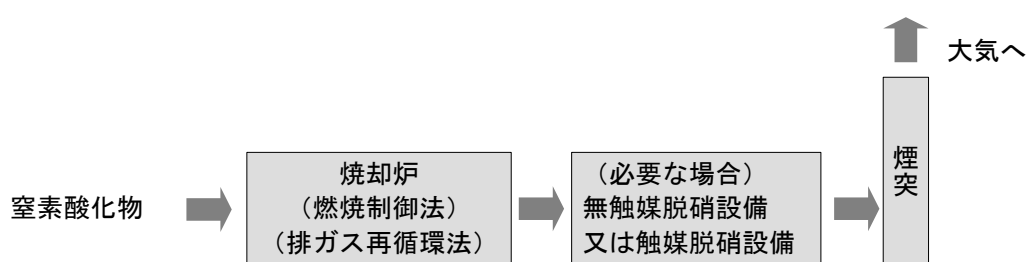
注) 薬剤との反応例: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ [消石灰] + 2HCl [塩化水素] \rightarrow CaCl_2 [塩化カルシウム] + $2\text{H}_2\text{O}$ [水]

図 8 塩化水素の抑制対策

(5) 窒素酸化物

排ガス中の窒素酸化物 (NO_x) は、通常 100~150ppm 程度であり法規制基準である 250ppm を超える可能性は低いとされています。 NO_x は燃焼方法を改善することにより発生を抑制することが可能です。焼却炉の技術ノウハウがあるプラントメーカーの知見により焼却炉内でのごみの燃焼条件を整えるほか、水噴射法や排ガス再循環法なども効果的とされています（いずれも炉内温度を抑制することで、 NO_x の発生量を低減する技術）。

さらに、大気汚染防止法における総量規制や地域の上乗せ基準等により NO_x を抑える必要がある場合の技術として、触媒脱硝法や無触媒脱硝法があります。どちらも原理は同じですが、焼却炉内の高温燃焼ゾーン（800~900℃）にアンモニアガス又はアンモニア水 (NH_3) などを噴霧して NO_x を還元^{注)} する方法です。



注) 薬剤との反応例： 4NH_3 [アンモニア] + 4NO [一酸化窒素] + $\text{O}_2 \rightarrow 4\text{N}_2$ [窒素] + $6\text{H}_2\text{O}$ [水]

図9 窒素酸化物の抑制対策

(6) 水銀

大気汚染防止法施行規則の一部改正（2016年9月26日）が行われ、水銀等の大気排出規制値が定められています。

排ガス中の水銀は、ごみの燃焼過程において金属水銀蒸気として揮発し、排ガスが冷却される温度域（200℃）において排ガス中の HCl と結合し、主にガス相の中に存在すると言われています。

排ガス中の水銀の抑制対策としてはばいじん除去と同じで、活性炭などに吸着させることにより、活性炭をろ過式集じん器で捕集することにより、大気への排出を抑制することができます。

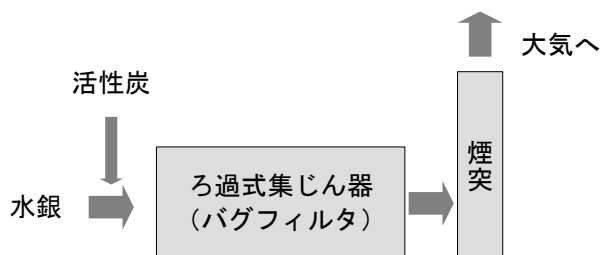


図10 水銀の抑制対策

(7) ダイオキシン類

ダイオキシン類対策特別措置法が1999年7月16日に公布され、2000年1月15日に施行されています。廃棄物焼却炉は法の特設施設に位置づけられ、施行規則により大気排出基準が定められました。

ダイオキシン類は、一酸化炭素(CO)や各種炭化水素(HC)等と同様に未燃物の一種であるので、完全燃焼させることによりかなりのダイオキシン類は抑制することができます。ただし、排ガスを冷却する過程でダイオキシン類が再合成されるとされており、ダイオキシンが再合成する温度域300°C前後の通過時間を短縮することでダイオキシン類の排出濃度を抑えることができます。

また、排ガス中のダイオキシン類は飛灰に吸着された状態や、ミスト状のほか、ガス相として存在していますので、排ガス中のダイオキシン類の抑制対策としてはばいじん除去と同じで、活性炭などに吸着させることにより、活性炭をろ過式集じん器で捕集することにより、大気への排出を抑制することができます。

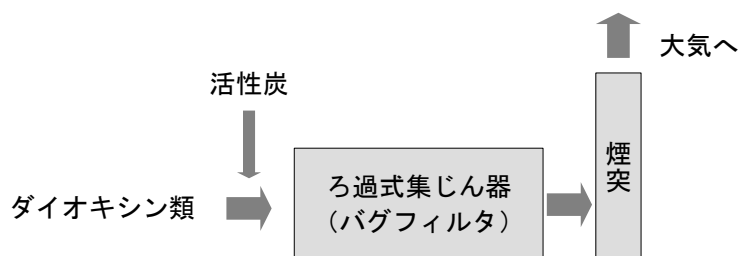


図 11 ダイオキシン類の抑制対策

4. 全国他自治体における排ガス規制値

(1) 既存施設の排ガス規制値

本市の資源リサイクルセンターにおける排ガス規制値は、表 4 に示すとおりです。

表 4 資源リサイクルセンターでの規制値

項目		資源リサイクルセンター
施設規模		100t/24h (2 炉)
稼働開始		稼働開始 : S61.4
排 ガ ス 規 制 値	ばいじん	0.08 g/m ³ N
	硫黄酸化物	K 値 17.5
	塩化水素	430 ppm
	窒素酸化物	250 ppm
	水銀	50 μg/m ³ N
	ダイオキシン類	1 ng-TEQ/m ³ N

(2) 最新の全国他自治体における排ガス規制値

最新の近隣自治体及び同規模程度の施設を有する自治体での排ガス規制値を表 6 に示します。また、同事例において実施している排ガス抑制対策を表 5 に示します。

表 5 排ガス抑制対策 (表 6 の事例)

種類	抑制対策
ばいじん	・ろ過式集じん器 (バグフィルタ) 等で除去
硫黄酸化物	・アルカリ剤とろ過式集じん器 (バグフィルタ) で除去
塩化水素	・アルカリ剤とろ過式集じん器 (バグフィルタ) で除去
窒素酸化物	・燃焼制御等で除去 ・場合によっては、触媒反応設備も採用
水銀	・ろ過式集じん器 (バグフィルタ) 等で除去
ダイオキシン類	・ろ過式集じん器 (バグフィルタ) 等で除去 ・場合によっては、触媒反応設備も採用

表 6 全国他自治体での規制値

	都道府県	自治体名等	施設名	稼働開始年度	施設規模	処理方式	排ガス基準値					
							ばいじん (g/m^3N)	SOx (ppm)	HCl (ppm)	NOx (ppm)	Hg ($\mu g/m^3N$)	DXNs ($ng-TEQ/m^3N$)
近隣	愛知県	名古屋市	富田工場	R2.7	450 t/日	ストーカ式	0.01	10	10	25	30	0.05
	石川県	小松市	エコロジーパーク小松	H30.7	110 t/日	ストーカ式	0.02	50	50	80	-	0.1
	岐阜県	下呂市	下呂市クリーンセンター	R2.4	60 t/日	ストーカ式	0.04	100	100	150	30	0.1
	岐阜県	飛騨市	飛騨市クリーンセンター	H25.4	25 t/日	ストーカ式	0.15	K値=17.5	430	250	-	5.0
	富山県	高岡地区広域圏事務組合	高岡市広域エコクリーンセンター	H26.10	255 t/日	ストーカ式	0.008	25	25	50	-	0.05
	三重県	四日市市	四日市クリーンセンター	H28.4	336 t/日	シャフト炉式	0.01	20	30	50	50	0.05
同規模	山口県	萩長門清掃一部事務組合	はなもゆ	H27.4	104 t/日	ストーカ式	0.01	50	200	100	-	0.1
	新潟県	村上市	エコパークむらかみ	H27.4	94 t/日	ストーカ式	0.01	30	50	100	-	0.1
	秋田県	横手市	クリーンパーク横手	H28.4	95 t/日	ストーカ式	0.01	30	50	100	-	0.04
	長野県	湖周行政組合	諏訪湖周クリーンセンター	H28.9	110 t/日	ストーカ式	0.01	30	50	100	-	0.1
	京都府	城南衛生管理組合	クリーンパーク折居	H30.4	115 t/日	ストーカ式	0.01	20	20	80	-	0.1
	長野県	南信州広域連合	稲葉クリーンセンター	H29.12	93 t/日	ストーカ式	0.01	50	50	100	-	0.05
	長野県	上伊那広域連合	上伊那クリーンセンター	H31.4	118 t/日	流動床式(ガス化)	0.01	50	50	100	-	0.1
	福島県	須賀川地方保健環境組合	衛生センター	H31.4	96 t/日	ストーカ式	0.01	50	100	100	-	0.1
	群馬県	館林衛生施設組合	館林クリーンセンター	H29.4	100 t/日	ストーカ式	0.01	50	50	50	-	0.1
	長崎県	佐世保市	佐世保市クリーンセンター	R2.4	110 t/日	ストーカ式	0.01	20	50	100	-	0.1
首都圏	東京都	東京23区	北清掃工場	H10.3	600 t/日	ストーカ式	0.02	20	15	70	-	1.0
	東京都	西秋川清掃組	高尾清掃センター	H26.4	117 t/日	流動床式ガス化炉	0.01	20	30	50	50	0.01
	東京都	武蔵野市	武蔵野クリーンセンター	H29.4	120 t/日	ストーカ式	0.01	10	10	50	50	0.1

5. 新ごみ処理施設での規制値

本市では、新ごみ処理施設において、表 6 に示す他自治体の排ガス規制値を参考に設定していきます。実際の規制値の案は、次回第 4 回検討委員会において提示していきます。

煙突高さについての検討資料

< 目 次 >

1. 煙突高さの考え方	1
2. 煙突高さの違いによる特徴	2
3. 採用する煙突高さについて	3

1. 煙突高さの考え方

煙突は、焼却設備に必要とされる通風力を得るとともに、排ガスの拡散において求められる条件を考慮した高さを通風力を設定する必要があります。なお、排ガスの拡散効果は、煙突の高さ、排ガスの温度、煙突出口からの排出ガス速度等によって変わります。

一般的に煙突高さが高くなるほど、生活環境への排ガスの影響は少なくなる傾向にありますが、煙突を高く設定しすぎると圧迫感のある目立った存在となることに加え、煙突高さを 60m 以上にした場合には、航空法により、航空障害灯や昼間障害標識を設置する必要があるため、特に夜間に関しては周辺住民への影響にも考慮する必要があります。

煙突高さと排ガスの拡散についてのイメージを図 1 に示します。

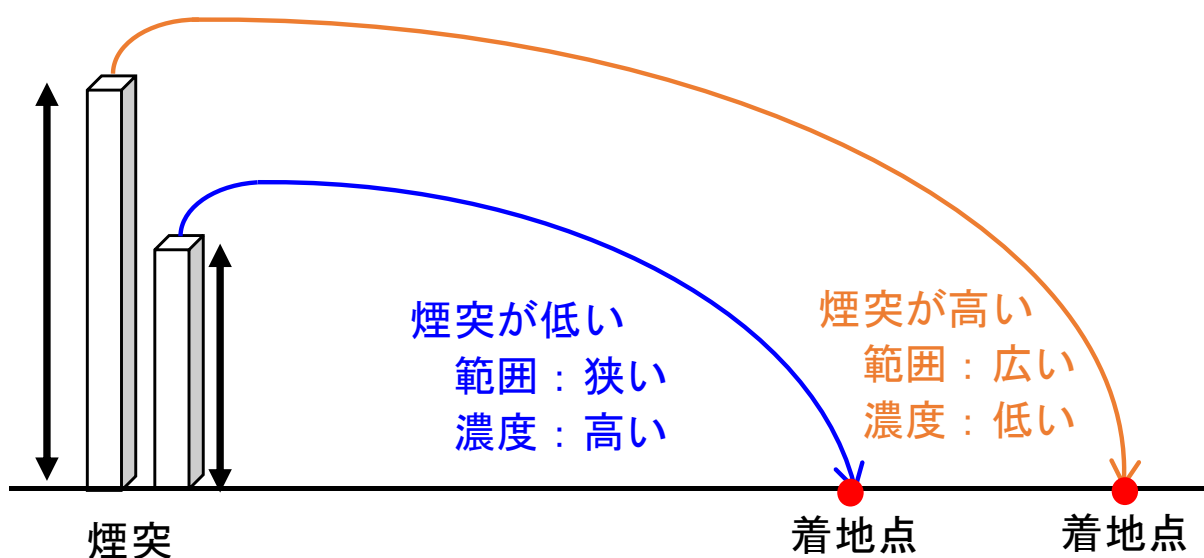


図 1 煙突高さと排ガス拡散イメージ

2. 煙突高さの違いによる特徴

煙突高さは、高い場合、表1に示す特徴があります。特に60m以上となる場合では、航空法の制限を受けることになります。

表1 煙突高さによる特徴

	項目	特徴
①	排ガス拡散の度合い	図1に示すように、煙突が高くなるにつれ、拡散する範囲は広がるが、着地点の濃度は低くなる。
②	ダウンドラフト現象(※1)	煙突と工場棟の高さの比率が小さくなるとダウンドラフトが発生しやすくなる。
③	景観性	煙突が高くなるにつれ、近隣では圧迫感が出る可能性がある。また、遠方からも見えるようになる。
④	光害性	煙突高さが60m以上の場合、航空法により、航空障害灯や昼間障害標識を設置する必要があり(※2)、近隣では、光害による影響がでてくる。
⑤	経済性	煙突が高くなるにつれ、構造も変わってくることから、煙突そのものの費用が増加するとともに、60m以上の場合は航空法による航空障害灯や昼間障害標識の設置費用も追加されてくる。
⑥	構造的・施工性	煙突が高くなるにつれ、風等による煙突の揺れが工場棟に影響を及ぼすことを避けるため、工場棟と分離し、独立した構造物として煙突を建築する必要がある。

注) ※1 及び ※2 は次ページ解説参照

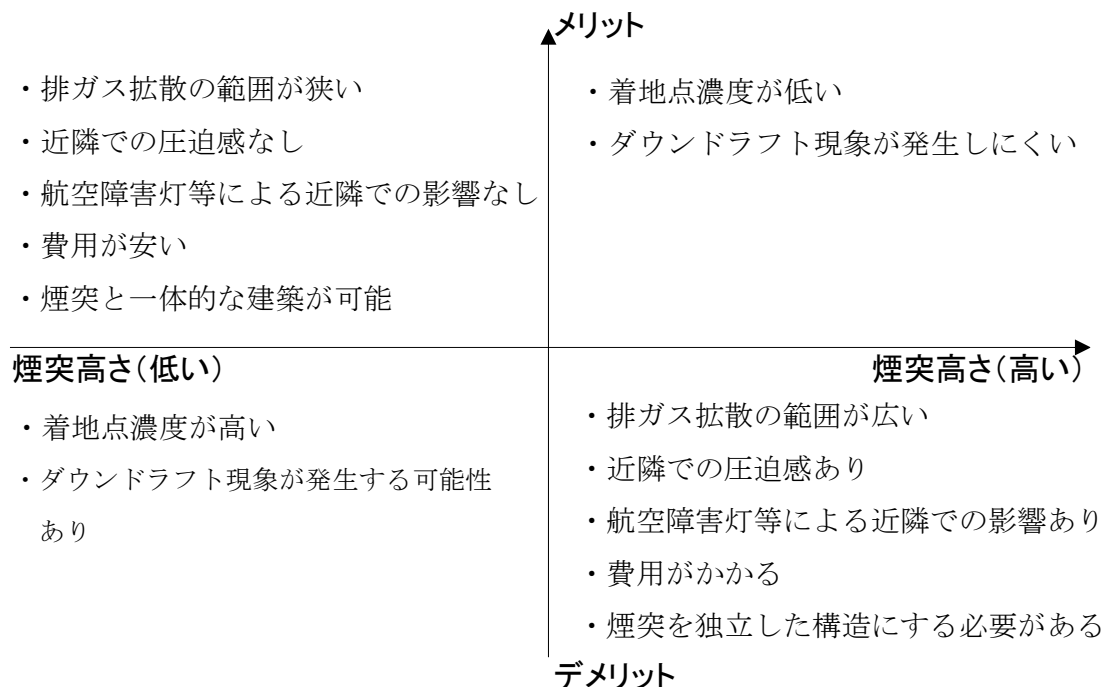


図2 煙突高さと排ガス拡散イメージ

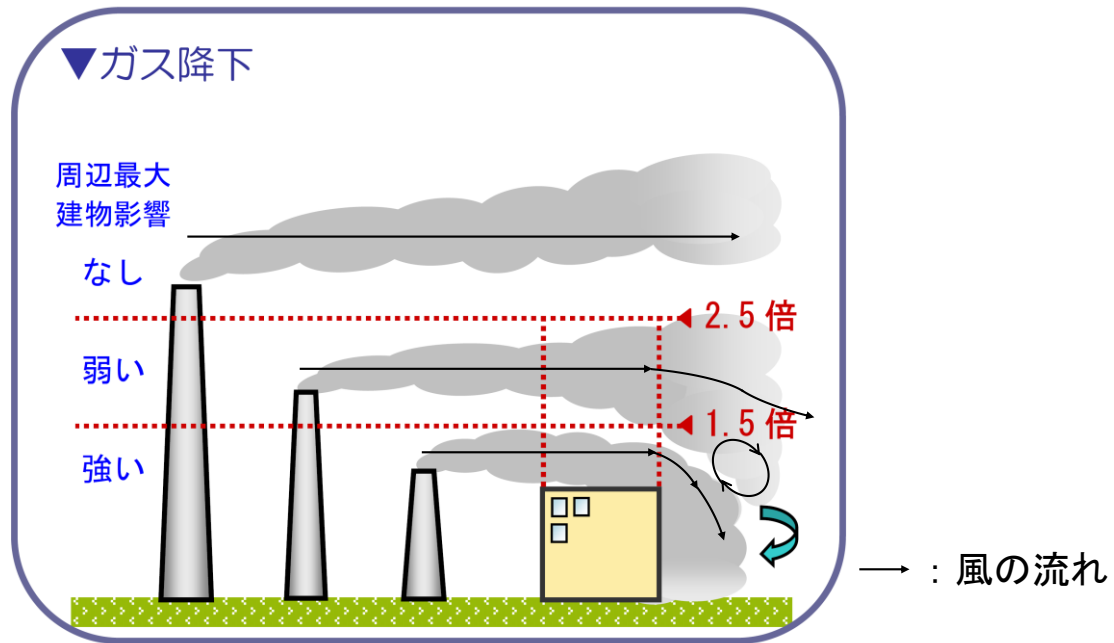
3. 採用する煙突高さについて

採用する煙突高さについては、次回（第4回）委員会でも継続して検討します。次回は、着地点濃度や景観性（フォトモンタージュ等）も参考にしながら評価したいと考えます。

【解説】

(※1) ダウンドラフト現象

排出ガスの高さが最大建物高さの 2.5 倍以上の場合は影響を受けずに拡散しますが、1.5 倍未満の場合には影響を強く受け、建物背後の逆流域に巻き込まれ（強いダウンドラフト）、排ガスは地表面付近まで降下します。これをダウンドラフトと呼びます。



出典：よくわかる臭気指数規制 2 号基準（環境省）を加筆

図 3 ダウンドラフト現象

また、類似する現象に、ダウンウォッシュ現象と呼ばれるものもあります。

通常、風は、ばい煙や排出ガスの希釈作用に効果的に働きますが、風が強くなり、排ガス吐出速度の $1/1.5$ 以上の風速に達すると、煙突自身の後方にできる負圧域に引込まれて、地上に吹き付けられます。これをダウンウォッシュ現象と呼びます。

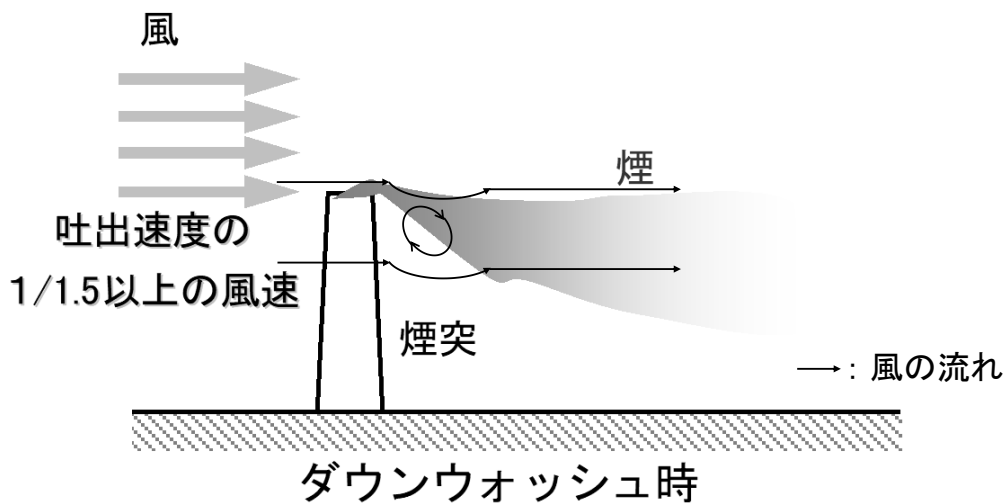


図 4 ダウンウォッシュ現象



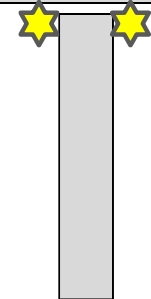
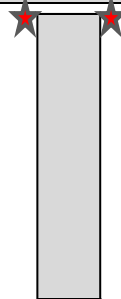
【解説】

(※2) 航空法

航空法では、物件（鉄塔、アンテナ、煙突等の付属品を含む）の地上からの高さによって、「航空障害灯」又は「昼間障害標識」の設置が義務づけられており、煙突高さを60m以上にした場合には、航空障害灯や昼間障害標識を設置する必要があります。

航空障害灯及び昼間障害標識の設置条件等を整理した結果を表2に示します。

表2 航空障害灯／昼間障害標識の設置条件等

設置条件	高さ	60m未満	60m以上～150m未満		
	幅		規定なし	高さの10分の1以下	高さの10分の1より大きい
イメージ図					
航空障害灯		不要	要 (中光度赤色及び低光度)	要 (中光度白色)	要 (低光度)
昼間障害標識		不要	要 (赤白色塗料)	要 (日中点灯)	不要

以上