

水銀に関する水俣条約を踏まえた水銀大気排出対策の実施について (参考データ)

1.	平成 30 年度～令和 4 年度の 5 年分の測定結果を活用したデータ解析	2
1.1.	BAT と想定した技術別の施設設置状況、排ガス中水銀濃度の状況	2
1.2.	排出基準値への適合について	18
1.3.	粒子状水銀の割合	32
1.4.	BEP の観点での水銀排出抑制技術の整理	35
2.	IGCC 施設について（規制対象施設への追加要否について）	36
2.1.	国内稼働中の IGCC 施設について	36
2.2.	水銀排出実態に関する調査・検討状況	37
(1)	IGCC 施設における水銀排出実態に関する概要	37
(2)	排ガス中水銀濃度について	38
(3)	水銀のマテリアルバランスについて	39
(4)	【参考】石炭火力発電施設における発電技術別の水銀濃度	39
2.3.	海外における規制状況について	41
2.4.	(参考) IGCC 施設についての基本情報	43
(1)	IGCC 施設の概要	43
(2)	IGCC の発電システム	44
(3)	IGFC について	44
(4)	IGCC からの水銀排出について	45
(5)	海外の設置状況	47
3.	非鉄金属製造施設（基準値の見直しについて）	48
3.1.	現在の規制内容	48
(1)	施設の規模要件等	48
(2)	排出基準値	48
(3)	施設数	49
3.2.	排出状況	50
4.	セメントクリンカーの製造施設（石灰石中水銀含有量による特例措置について）	53
4.1.	特例措置の概要（規則 附則第 2 条）	53
4.2.	石灰石特例措置に関する現状	54
(1)	対象施設数の推移	54
(2)	石灰石中水銀濃度と排ガス中水銀濃度の関係	54
5.	地方公共団体に対するヒアリング調査結果（令和 4 年度）	57

1. 平成 30 年度～令和 4 年度の 5 年分の測定結果を活用したデータ解析

1.1.BAT と想定した技術別の施設設置状況、排ガス中水銀濃度の状況

<石炭火力発電所>

- 新設 BAT、既設 BAT に相当する技術（①、②）ともに、バグフィルターを設置している施設の方が、その他の集じん機を設置している施設よりも、全水銀濃度の値に低い傾向が見られた。
- 集じん機単独よりも、脱硫や脱硝との組み合わせの方が、全水銀濃度が低い傾向にあった。

表 1 排ガス処理装置別全水銀濃度（石炭火力発電所）

排出ガス処理施設の種類の種類		施設数	排ガス中全水銀濃度 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)				
			中央値	最大値	最小値	算術 平均値	幾何 平均値
① 集じん機 + 脱硫 + 脱硝	BF	6	0.25	1.7	0.19	0.67	0.42
	その他	46	0.60	3.0	0.022	0.75	0.53
② 集じん機 + 脱硫	BF	15	0.25	1.7	0.051	0.46	0.30
	その他	53	0.70	3.5	0.079	0.88	0.60
③ 集じん機単 独	BF	29	0.34	5.4	0.054	1.1	0.46
	その他	33	0.84	4.6	0.17	1.1	0.85
集じん機なし		1	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
全体		183	0.61	5.4	0.022	0.88	0.55

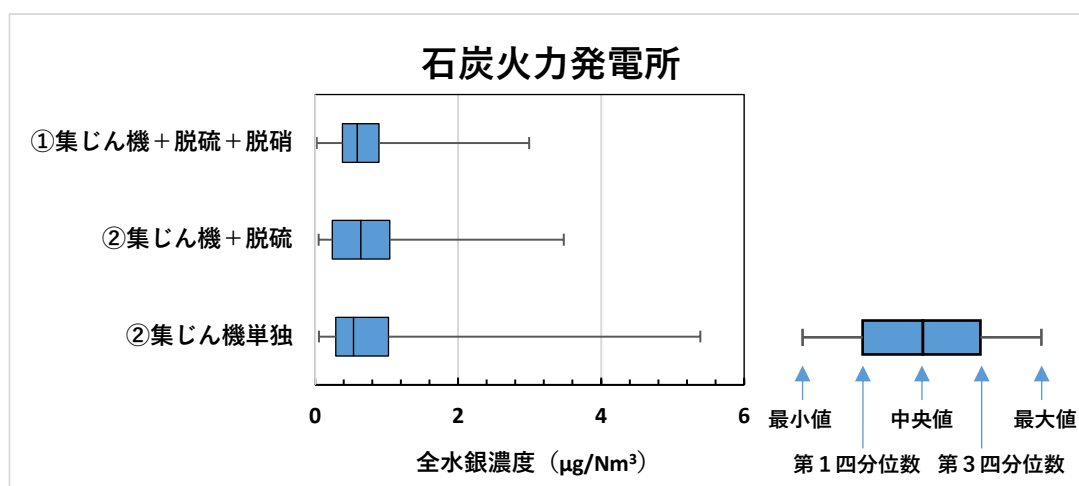


図 1 排ガス処理装置別の濃度分布①（石炭火力発電所）

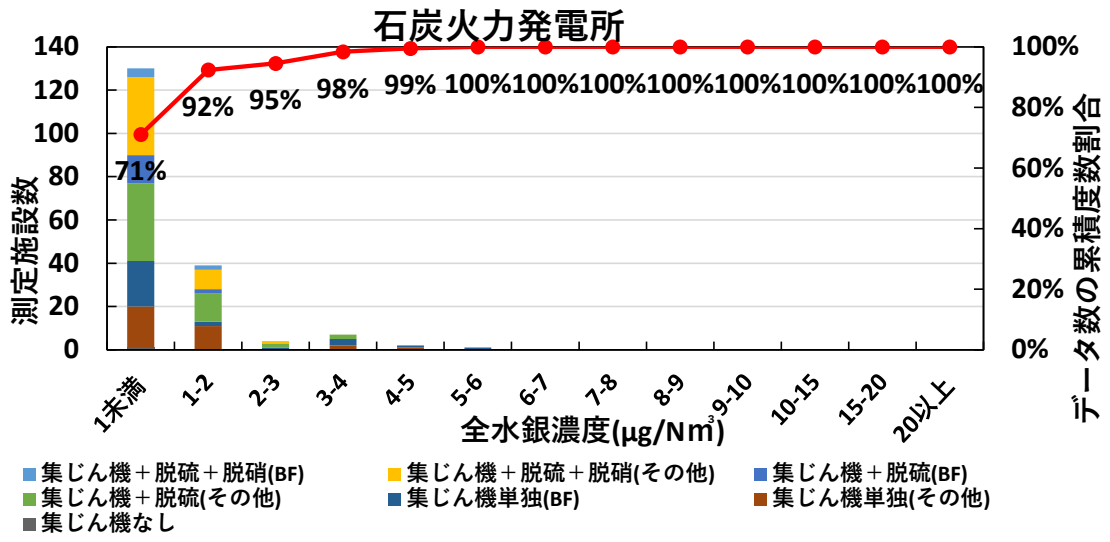


図2 排ガス処理装置別の濃度分布② (石炭火力発電所)

＜産業用石炭燃焼ボイラー＞

- 新設 BAT、既設 BAT に相当する技術（①、②）ともに、バグフィルターを設置している施設の方が、その他の集じん機を設置している施設よりも、全水銀濃度の値に低い傾向が見られた。
- 集じん機単独よりも、脱硫や脱硝との組み合わせの方が、全水銀濃度の最大値は低い傾向にあった。中央値や平均値には大きな違いが確認できなかった。

表 2 排ガス処理装置別全水銀濃度（産業用石炭燃焼ボイラー）

排出ガス処理施設の種類		施設数	排ガス中全水銀濃度（ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ）				
			中央値	最大値	最小値	算術 平均値	幾何 平均値
①集じん機 +脱硫+脱硝	BF	3	0.25	1.2	0.12	0.53	0.33
	その他	5	0.60	0.97	0.076	0.60	0.44
②集じん機 +脱硫	BF	11	0.25	1.8	0.068	0.36	0.22
	その他	11	0.70	2.1	0.11	0.77	0.63
②集じん機単独	BF	20	0.34	1.4	0.029	0.37	0.24
	その他	14	0.84	4.3	0.13	1.3	0.91
全体		64	0.45	4.3	0.029	0.68	0.39

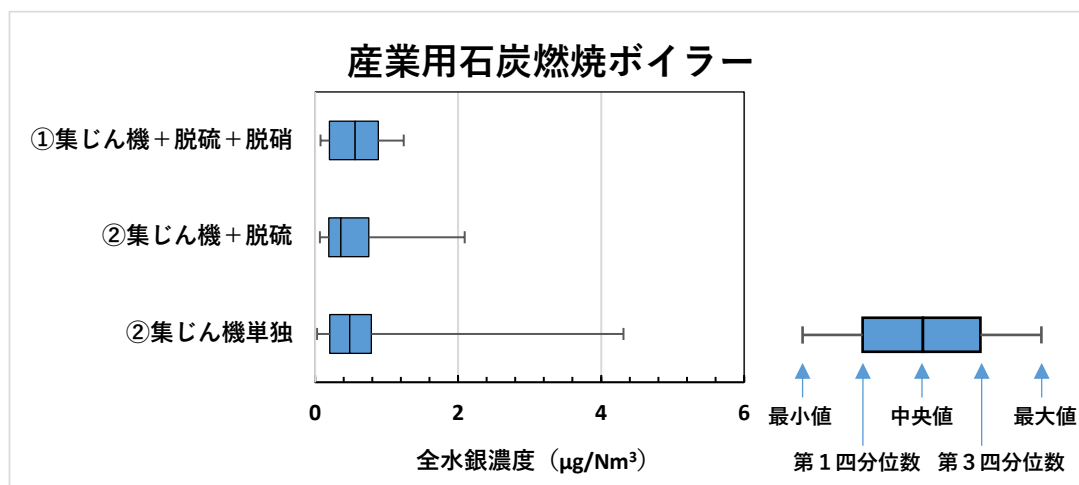


図 3 排ガス処理装置別の濃度分布①（産業用石炭燃焼ボイラー）

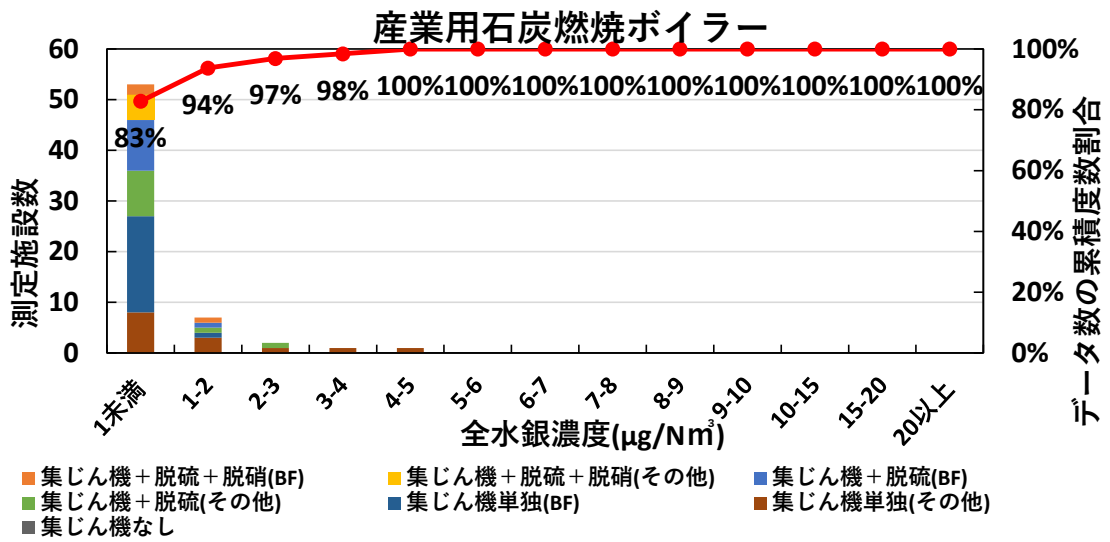


図4 排ガス処理装置別の濃度分布② (産業用石炭燃焼ボイラー)

<非鉄金属製造施設（一次施設）>

- 非鉄金属製造製造（一次施設）では、新規・既存施設に対する BAT として想定した「集じん機+硫酸製造施設」を設置している施設や、「集じん機単独」の施設で、全水銀濃度が低かった。

表 1.3 排ガス処理装置別全水銀濃度（非鉄金属製造施設（一次施設））

排出ガス処理施設の種類		施設数	排ガス中全水銀濃度 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)				
			中央値	最大値	最小値	算術平均値	幾何平均値
非鉄 (一次)	①②集じん機+硫酸製造施設	4	0.82	1.3	0.38	0.82	0.75
	③集じん機+脱硫	6	2.3	8.7	0.82	3.5	2.4
	③集じん機単独	2	0.63	1.1	0.11	0.63	0.36
	③その他	1	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4
非鉄（一次）全体		13	1.1	8.7	0.11	2.4	1.3

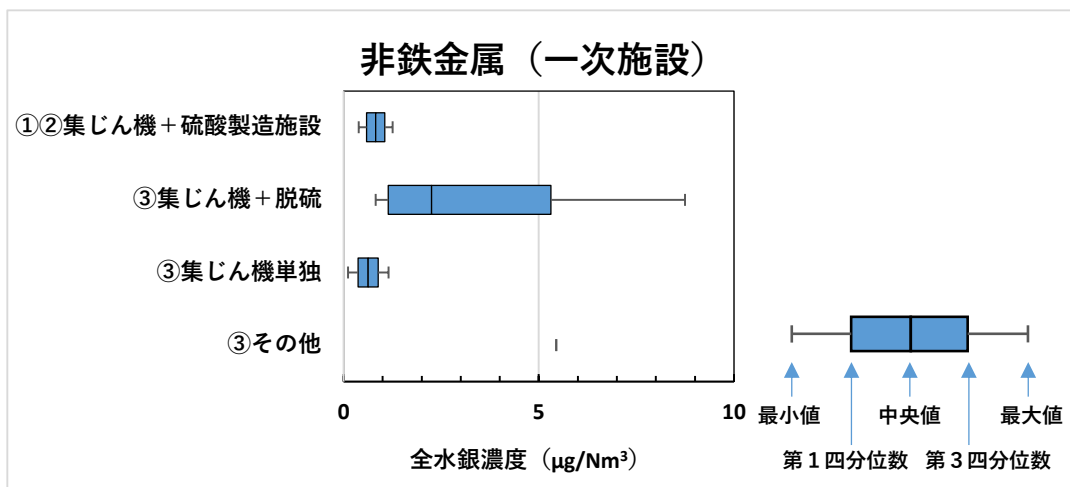


図 5 排ガス処理装置別の濃度分布①（非鉄金属製造施設（一次施設））

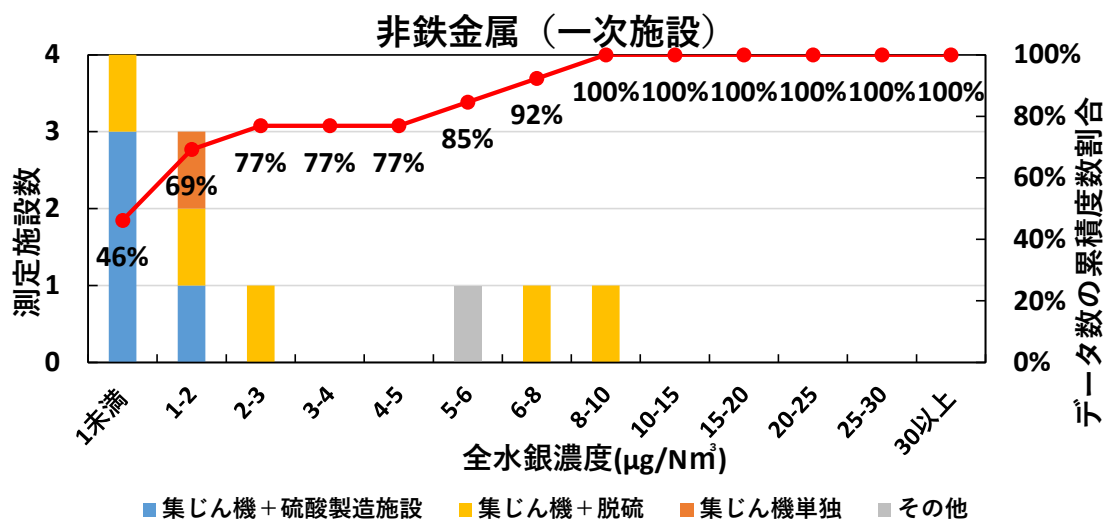


図 6 排ガス処理装置別の濃度分布②（非鉄金属製造施設（一次施設））

<非鉄金属製造施設（二次施設）>

- 非鉄金属製造製造（二次施設）では、排ガス処理装置なしの施設で、全水銀濃度が低かった。
- 排ガス処理装置の種類や有無に関わらず最大値で高濃度の水銀が確認されているため原材料に含まれる水銀の影響が大きいと思われるが、平均値では基準値をはるかに下回る結果であった。

表 1.4 排ガス処理装置別全水銀濃度（非鉄金属製造施設（二次施設））

排出ガス処理施設の種類		施設数	排ガス中全水銀濃度（ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ）				
			中央値	最大値	最小値	算術平均値	幾何平均値
非鉄 （二次）	①集じん機+排ガス洗浄	27	3.3	130	0.13	17	3.6
	②集じん機単独	45	1.2	170	0.038	16	1.8
	③排ガス処理装置なし	3	1.5	21	0.45	7.5	2.4
	④その他*	8	6.8	240	0.031	44	3.8
非鉄（二次）全体		83	2.4	240	0.031	18	2.5

*排ガス脱硫設備単独、排ガス洗浄設備単独 等

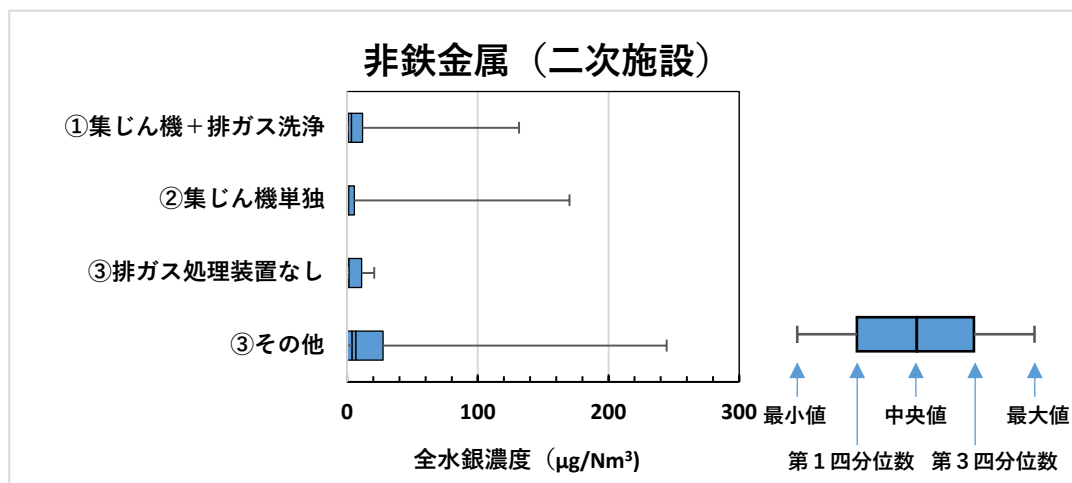


図 7 排ガス処理装置別の濃度分布①（非鉄金属製造施設（二次施設））

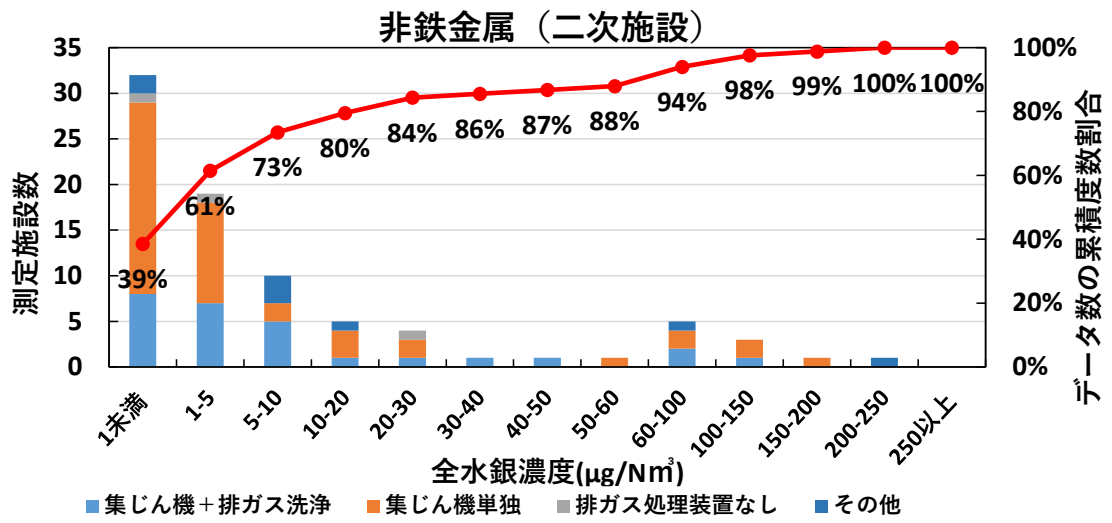


図 8 排ガス処理装置別の濃度分布②（非鉄金属製造施設（二次施設））

＜一般廃棄物焼却施設＞

- 新規・既存施設に対するBATとして想定した施設（①、②）で、全水銀濃度が低かった。
- 活性炭処理がある施設の方が、活性炭処理がない施設と比較して、概ね全水銀濃度が低かった。

表 1.5 排ガス処理装置別全水銀濃度（一般廃棄物焼却施設）

排出ガス処理施設の種類	施設数	排ガス中全水銀濃度（ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ）				
		中央値	最大値	最小値	算術 平均値	幾何 平均値
AB：①バグフィルター (他の施設が併設されているものも含む。以下同じ)	1,803 (290)	2.4 (1.6)	270 (110)	0.014 (0.041)	5.9 (3.9)	2.2 (1.6)
AB：②湿式の排ガス処理施設(スクラバー、湿式電気集じん機等) ※上述の区分の施設を除く	33 (5)	6.9 (0.42)	22 (7.3)	0.050 (0.34)	7.7 (3.0)	3.9 (1.2)
C：③サイクロン ※上述の区分の施設を除く	105 (2)	8.3 (3.0)	33 (3.7)	0.43 (2.3)	9.8 (3.0)	7.3 (2.9)
C：④電気集じん機（乾式） ※上述の区分の施設を除く	40 (9)	8.6 (2.2)	31 (9.0)	0.90 (0.90)	9.4 (3.9)	7.0 (2.8)
C：⑤その他 ※上述の区分の施設を除く	3 (0)	7.9 (0)	14 (0)	2.1 (0)	8.0 (0)	6.1 (0)
全体	1,984 (306)	2.8 (1.6)	270 (110)	0.014 (0.041)	6.2 (3.9)	2.4 (1.6)

※かっこ内の数値は、活性炭処理がある施設の集計値

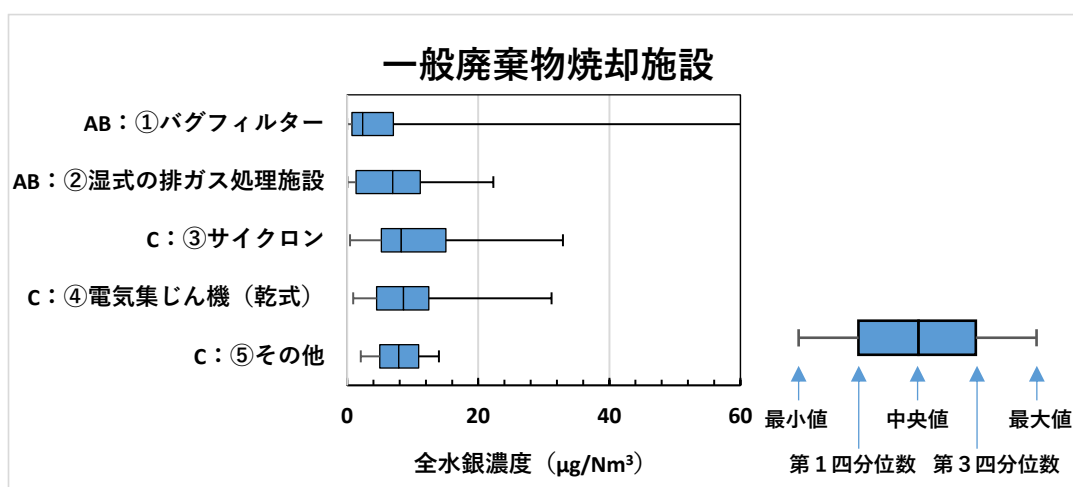


図 9 排ガス処理装置別の濃度分布①（一般廃棄物焼却施設）

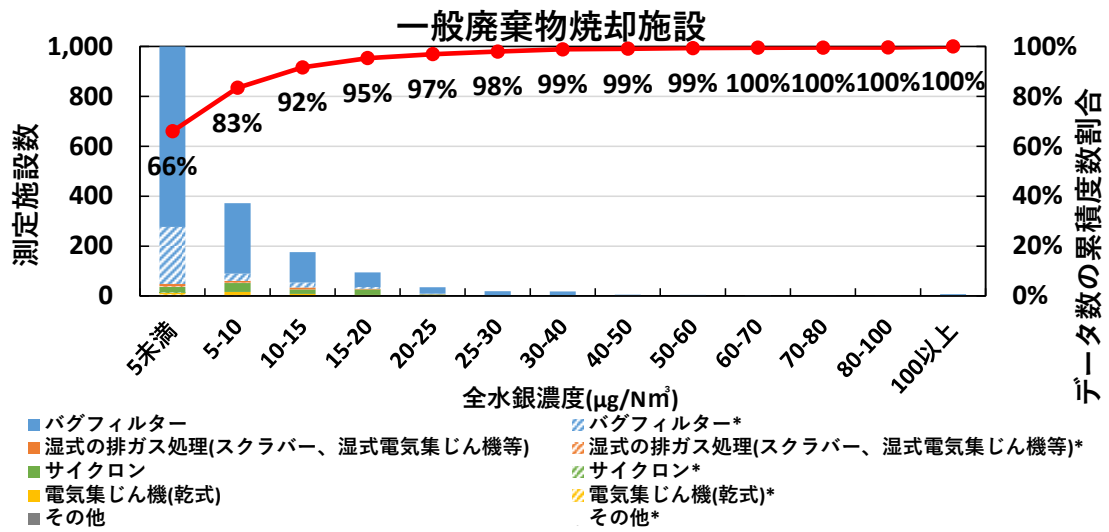


図 10 排ガス処理装置別の濃度分布②（一般廃棄物焼却施設）

＜産業廃棄物焼却施設＞

- 新規・既存施設に対するBATとして想定した②湿式の排ガス処理施設を設置している施設において、中央値では全水銀濃度が低い傾向にあった。
- 活性炭処理による全水銀濃度低減効果は顕著ではなかった。

表 1.6 排ガス処理装置別全水銀濃度（産業廃棄物焼却施設）

排出ガス処理施設の種類	施設数	排ガス中全水銀濃度 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)				
		中央値	最大値	最小値	算術 平均値	幾何 平均値
AB：①バグフィルター (他の施設が併設されているもの も含む。以下同じ)	659 (55)	1.6 (1.6)	4,400 (380)	0.025 (0.041)	12 (21)	1.5 (1.7)
AB：②湿式の排ガス処理施設(ス クラバー、湿式電気集じん機等) ※上述の区分の施設を除く	238 (5)	0.81 (5.0)	390 (42)	0.014 (0.64)	4.8 (11)	0.82 (4.3)
C：③サイクロン ※上述の区分の施設を除く	83 (1)	1.8 (1.8)	62 (1.8)	0.020 (1.8)	4.5 (1.8)	1.6 (1.8)
C：④電気集じん機（乾式） ※上述の区分の施設を除く	30 (0)	1.4 (0)	30 (0)	0.038 (0)	4.9 (0)	1.8 (0)
C：⑤その他 ※上述の区分の施設を除く	35 (0)	0.25 (0)	4.2 (0)	0.020 (0)	0.59 (0)	0.24 (0)
全体	1,045 (61)	1.4 (1.7)	4,400 (380)	0.014 (0.041)	9.1 (20)	1.2 (1.8)

※かっこ内の数値は、活性炭処理がある施設の集計値

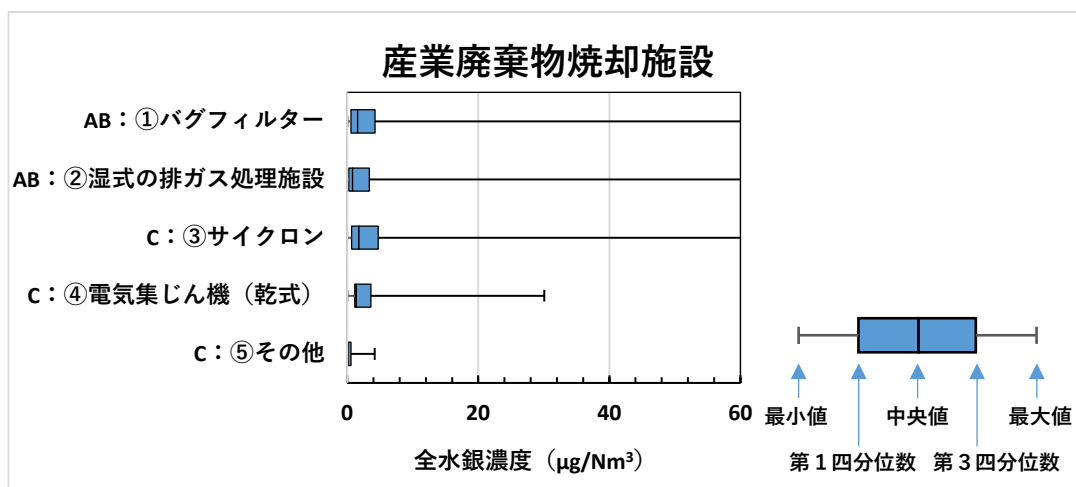


図 11 排ガス処理装置別の濃度分布①（産業廃棄物焼却施設）

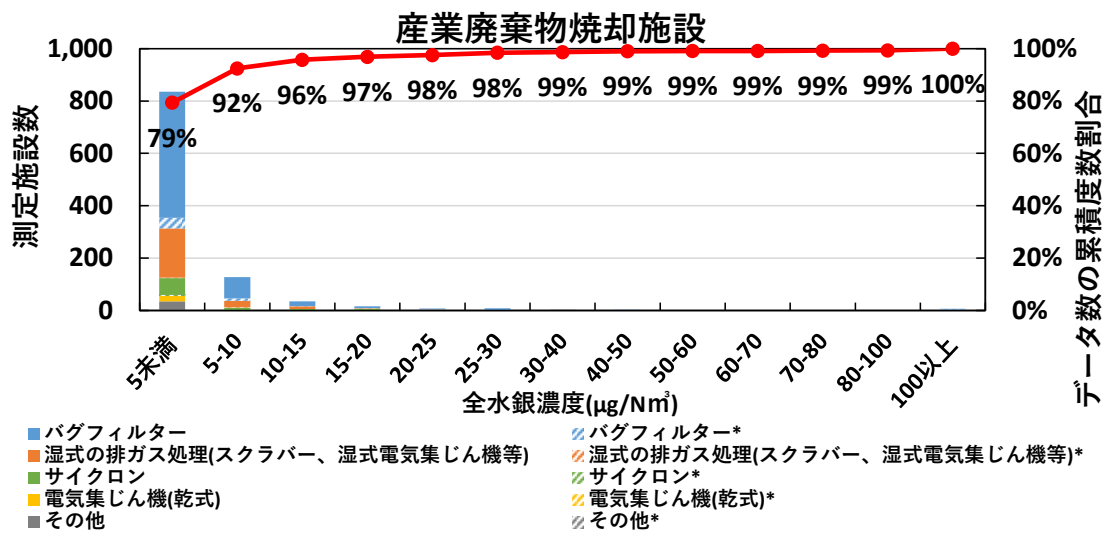


図 12 排ガス処理装置別の濃度分布②（産業廃棄物焼却施設）

<下水汚泥焼却施設>

- 新規・既存施設に対する BAT として想定した①バグフィルターを設置している施設で、全水銀濃度が低かった。また、③サイクロンを設置している施設で、全水銀濃度が低かった。

表 1.7 排ガス処理装置別全水銀濃度（下水汚泥焼却施設）

排出ガス処理施設の種類	施設数	排ガス中全水銀濃度 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)				
		中央値	最大値	最小値	算術 平均値	幾何 平均値
AB：①バグフィルター (他の施設が併設されているものも含む。以下同じ)	128 (2)	5.8 (10)	30 (13)	1.1 (6.7)	7.6 (10)	6.1 (9.5)
AB：②湿式の排ガス処理施設(スクラバー、湿式電気集じん機等) ※上述の区分の施設を除く	105 (0)	7.9 (0)	53 (0)	0.28 (0)	9.2 (0)	7.0 (0)
C：③サイクロン ※上述の区分の施設を除く	19 (0)	5.7 (0)	18 (0)	3.2 (0)	7.1 (0)	6.4 (0)
C：④電気集じん機(乾式) ※上述の区分の施設を除く	3 (0)	10 (0)	16 (0)	9.1 (0)	12 (0)	11 (0)
C：⑤その他 ※上述の区分の施設を除く	1 (0)	7.7 (0)	7.7 (0)	7.7 (0)	7.7 (0)	7.7 (0)
全体	256 (2)	6.9 (10)	53 (13)	0.28 (6.7)	8.2 (10)	6.6 (9.5)

※かっこ内の数値は、活性炭処理がある施設の集計値

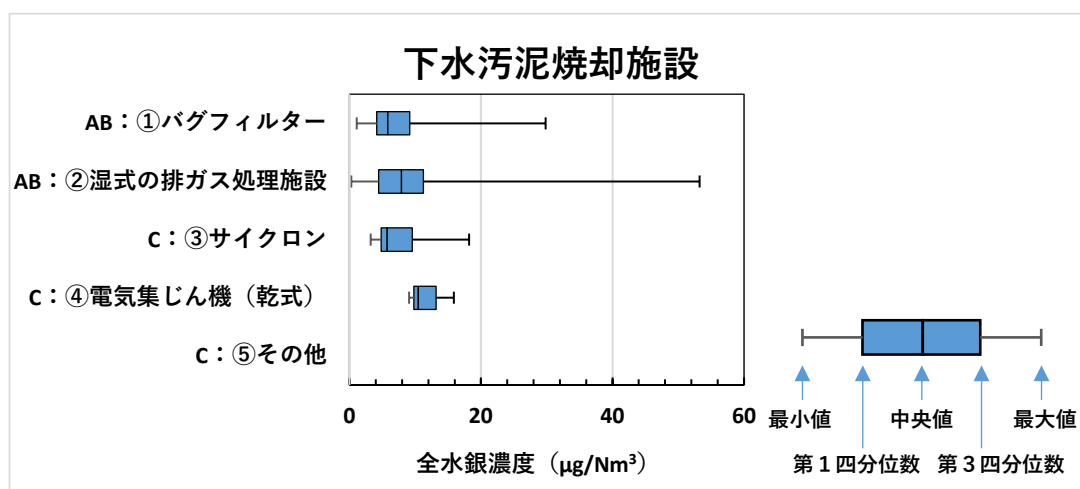


図 13 排ガス処理装置別の濃度分布①（下水汚泥焼却施設）

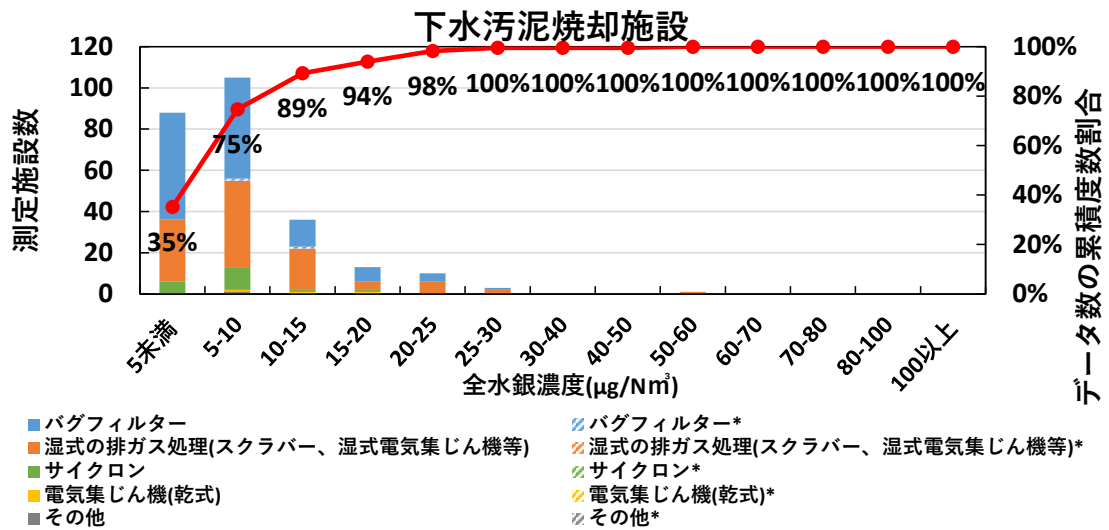


図 14 排ガス処理装置別の濃度分布② (下水汚泥焼却施設)

<セメントの製造の用に供する焼成炉>

- 電気集じん機+バグフィルターを設置している施設の全水銀濃度が相対的に低かった。

※「セメントの製造の用に供する焼成炉」における既存施設へのBATとして、排ガス処理装置ではなく原料に関して以下の二つが定められていることに留意が必要

- ・水銀含有量が少ない原料・燃料等を選択すること。
- ・可能な限り水銀含有量の低い原料・燃料等を選択すること（主原料である石灰石の採掘場所の近傍に立地しており、石灰石の水銀含有量が低い原料に変更することが困難な場合）

表 1.8 排ガス処理装置別全水銀濃度（セメントの製造の用に供する焼成炉）

排出ガス処理施設の種類	施設数	排ガス中全水銀濃度 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)				
		中央値	最大値	最小値	算術 平均値	幾何 平均値
電気集じん機+バグフィルター	2	3.5	5.7	1.4	3.5	2.8
バグフィルター	11	30	67	2.0	29	20
電気集じん機	35	28	63	11	31	28
全体	48	28	67	1.4	30	24

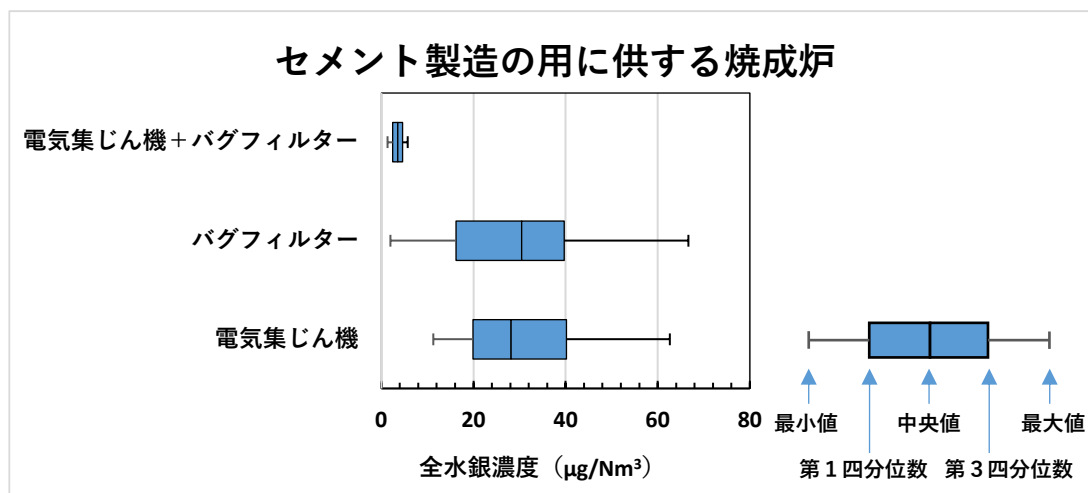


図 15 排ガス処理装置別の濃度分布①（セメントの製造の用に供する焼成炉）

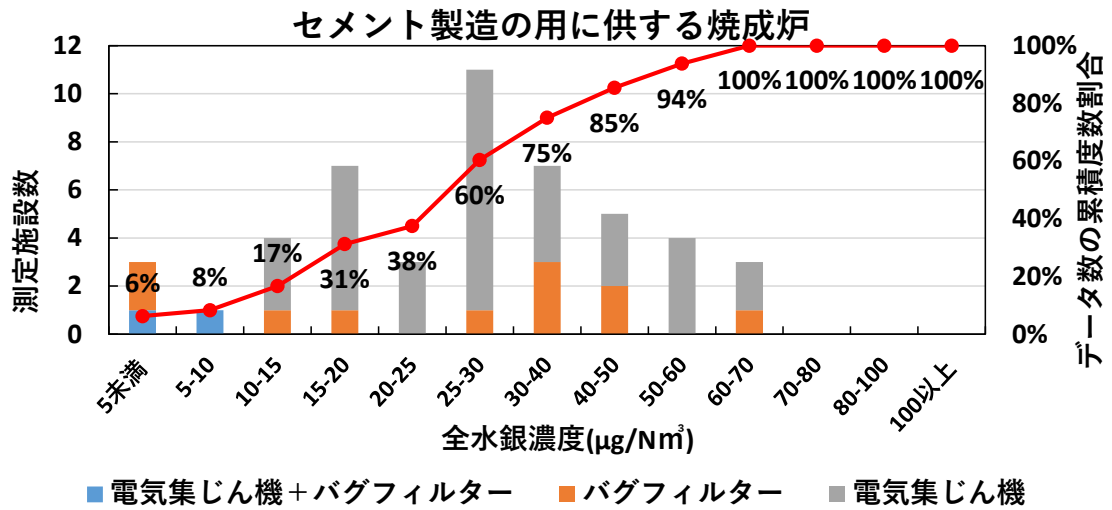


図 16 排ガス処理装置別の濃度分布② (セメントの製造の用に供する焼成炉)

1.2.排出基準値への適合について

<石炭火力発電所>

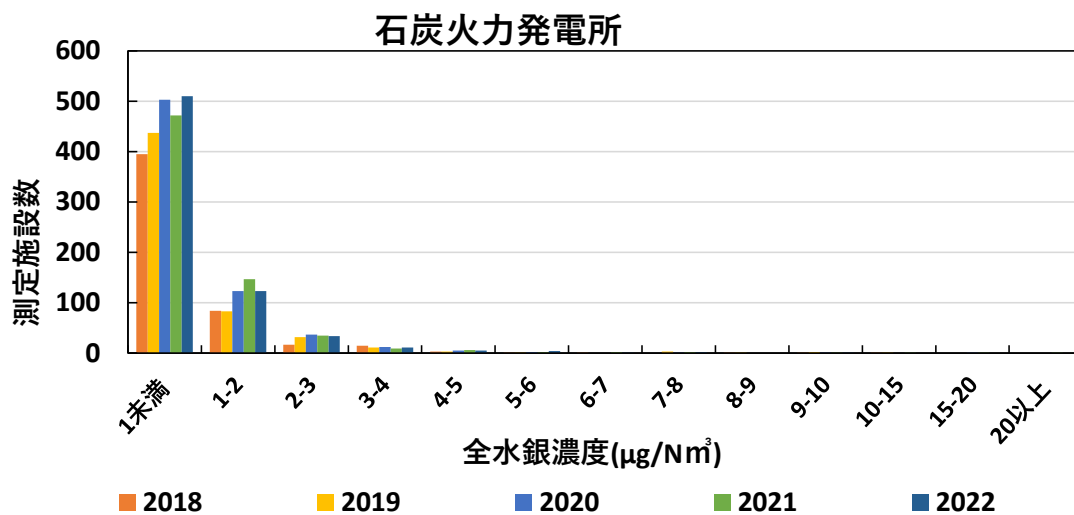


図 17 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移① (石炭火力発電所)

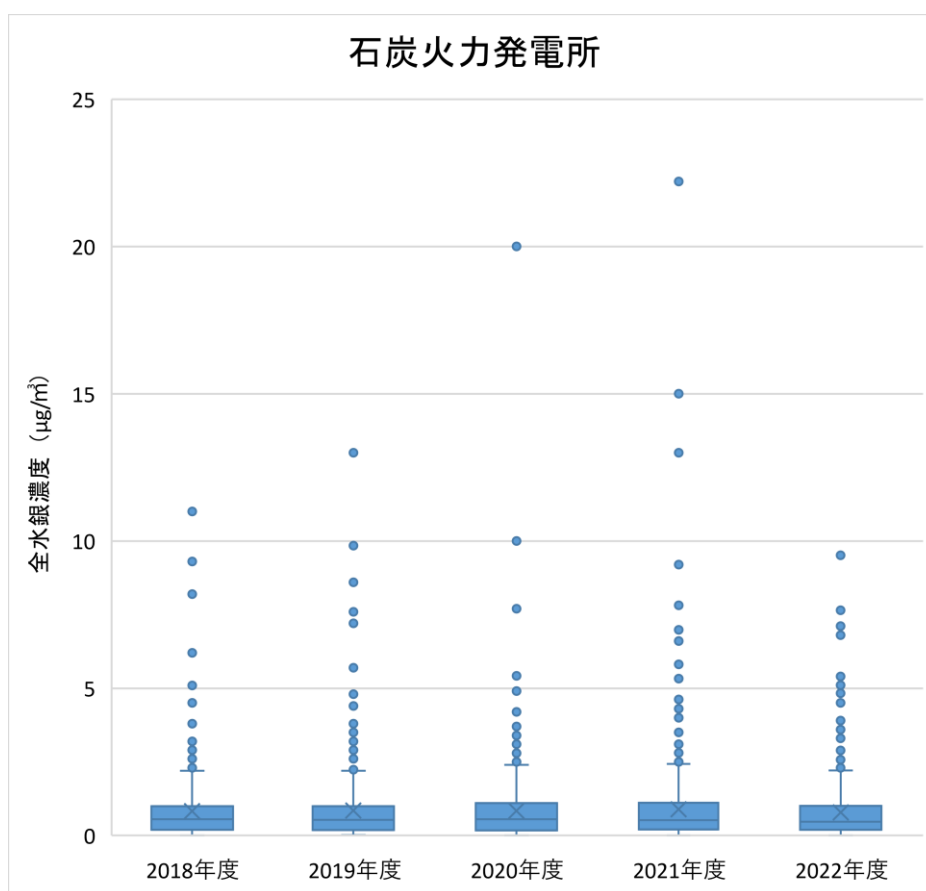


図 18 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移② (石炭火力発電所)

<産業用石炭燃焼ボイラー>

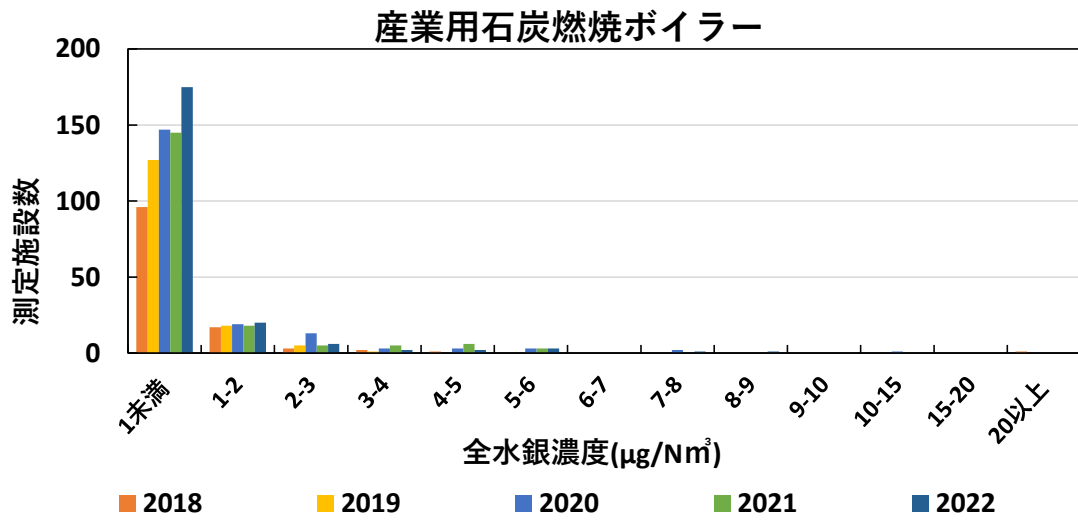


図 19 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移①（産業用石炭燃焼ボイラー）

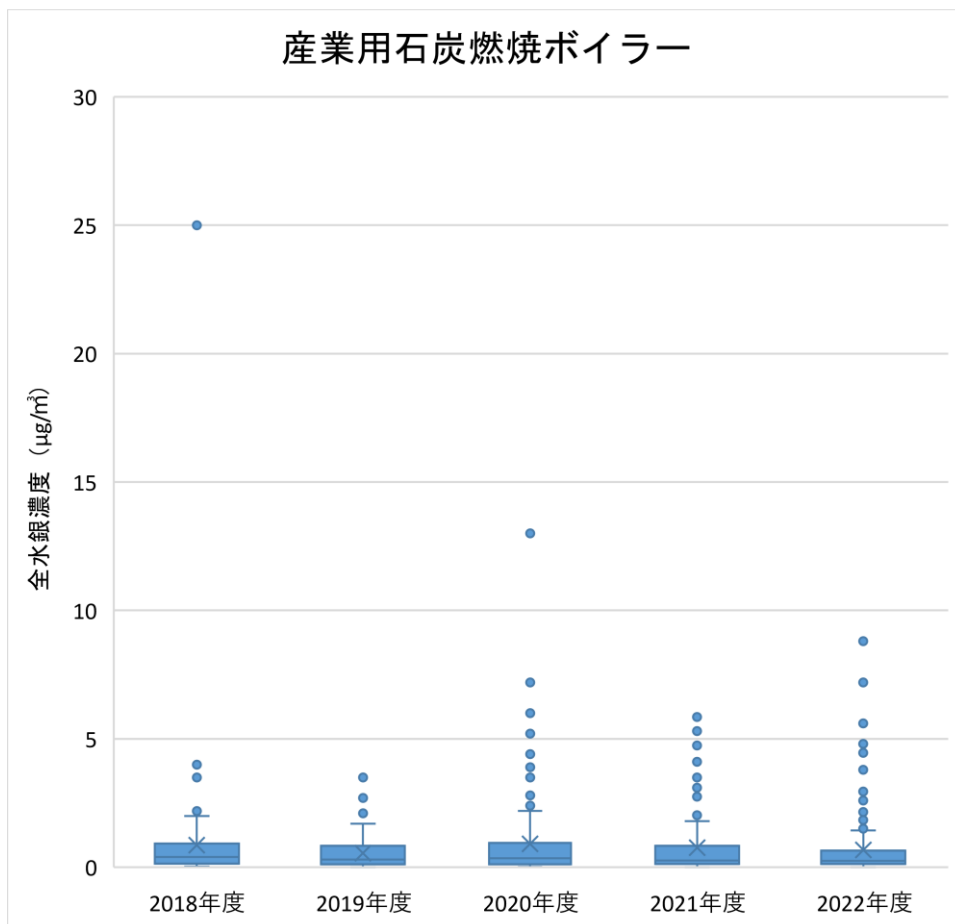


図 20 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移②（産業用石炭燃焼ボイラー）

<非鉄金属製造施設（一次施設）>

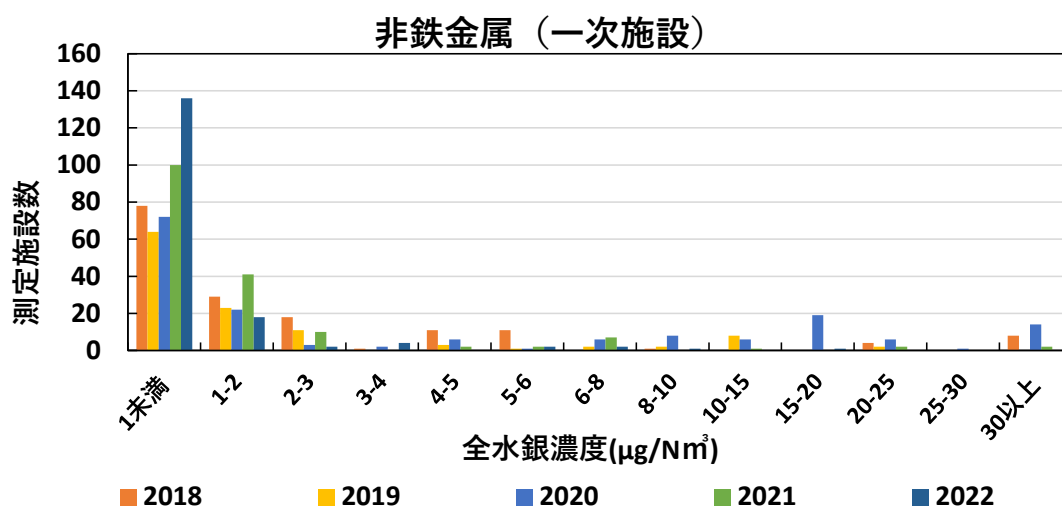


図 21 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移①（非鉄金属（一次施設））

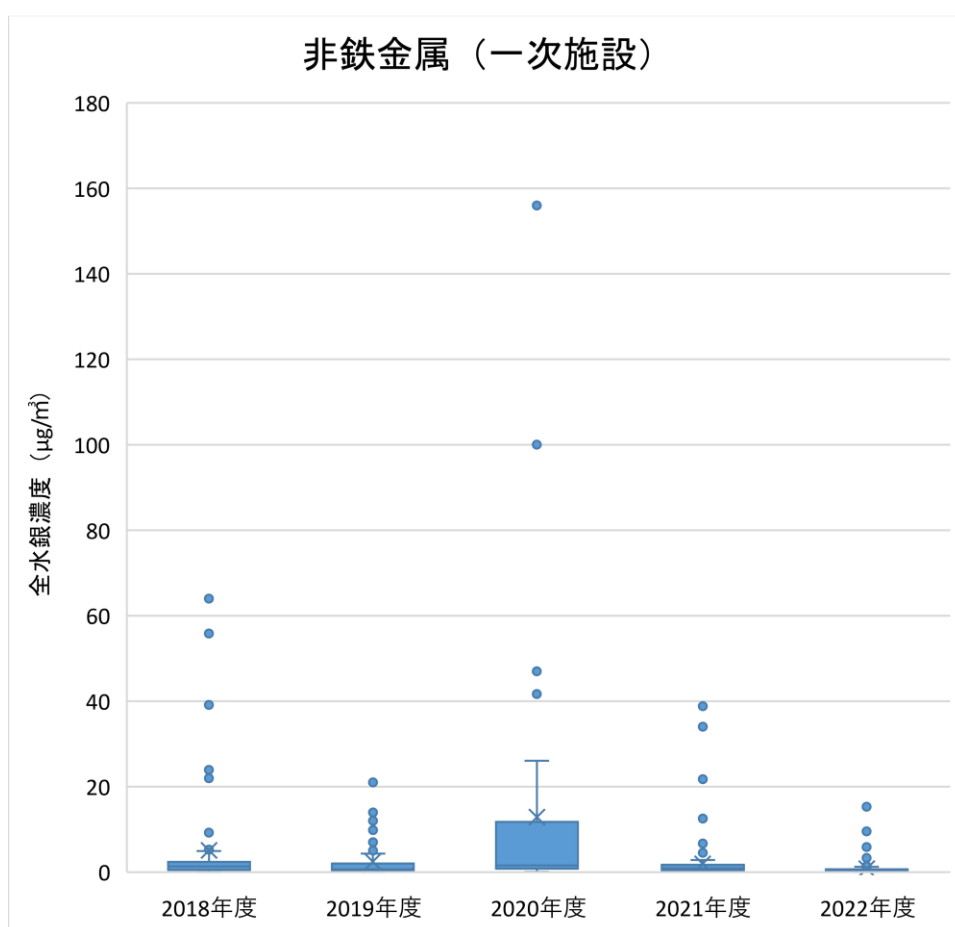


図 22 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移②（非鉄金属（一次施設））

<非鉄金属製造施設（二次施設）>

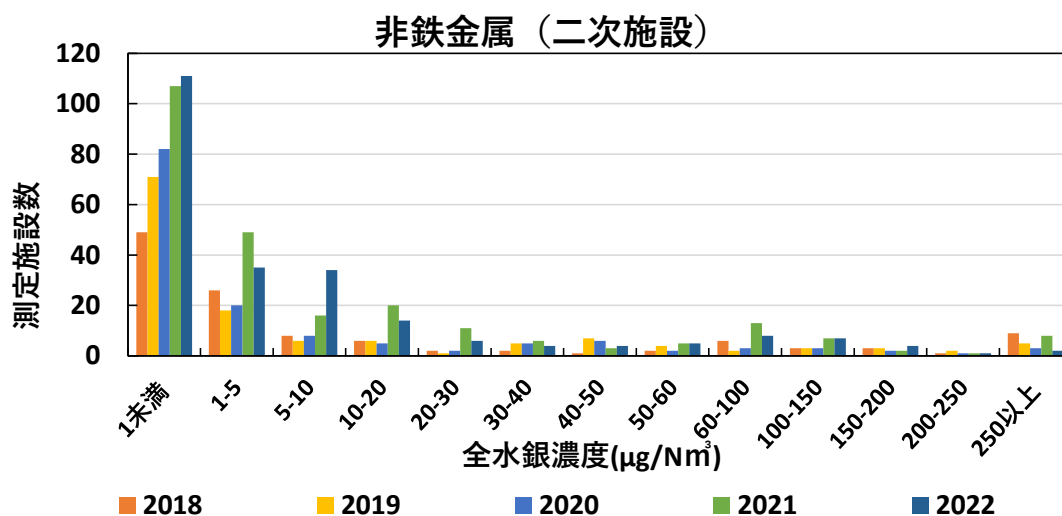


図 23 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移①（非鉄金属（二次施設））

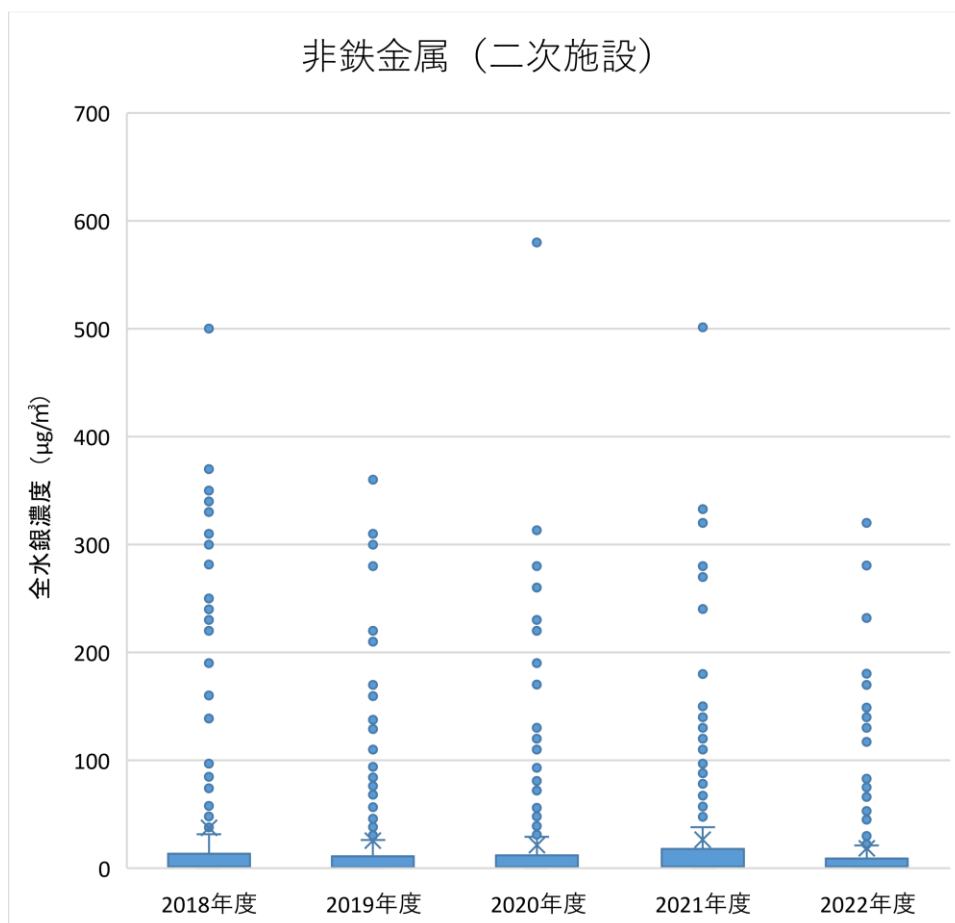


図 24 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移②（非鉄金属（二次施設））

<一般廃棄物焼却施設>

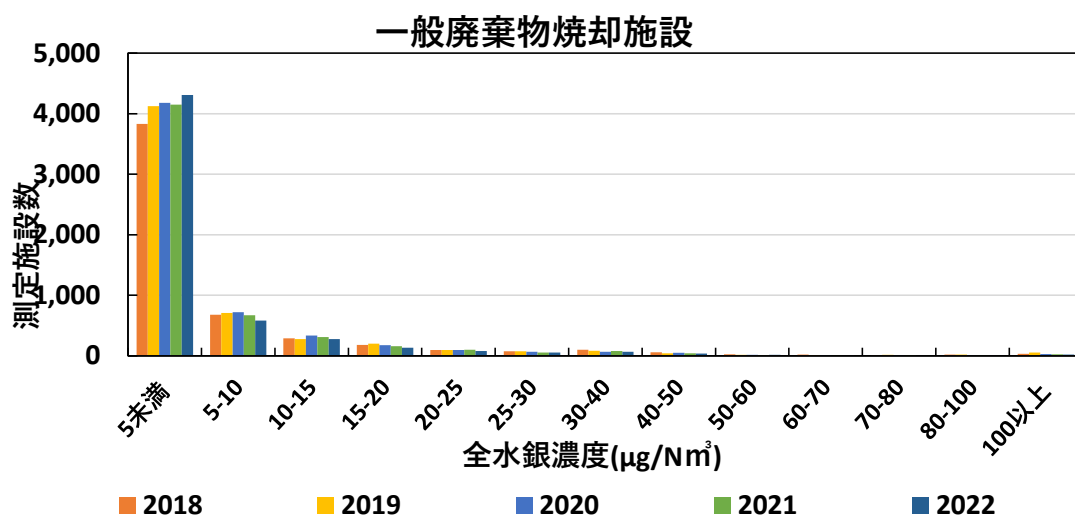


図 25 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移①（一般廃棄物焼却施設）

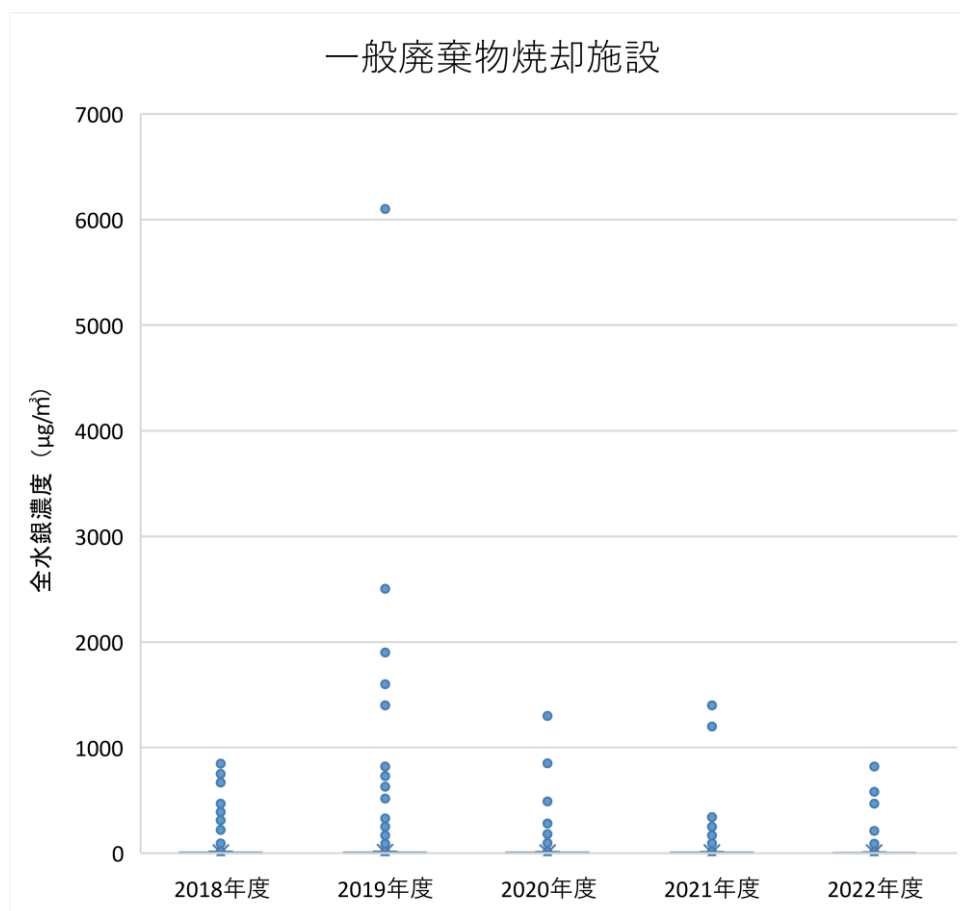


図 26 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移②（一般廃棄物焼却施設）
（縦軸最大値 7000μg/m³）

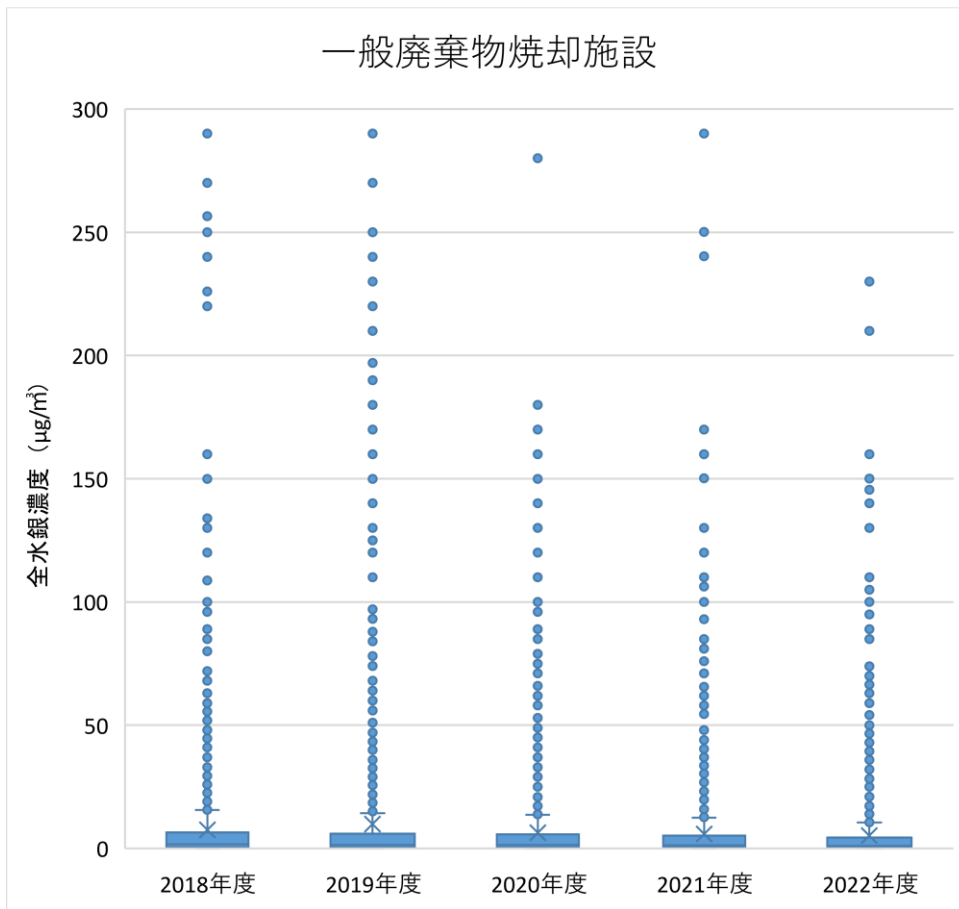


図 27 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移③（一般廃棄物焼却施設）
（縦軸最大値 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）

<産業廃棄物焼却施設>

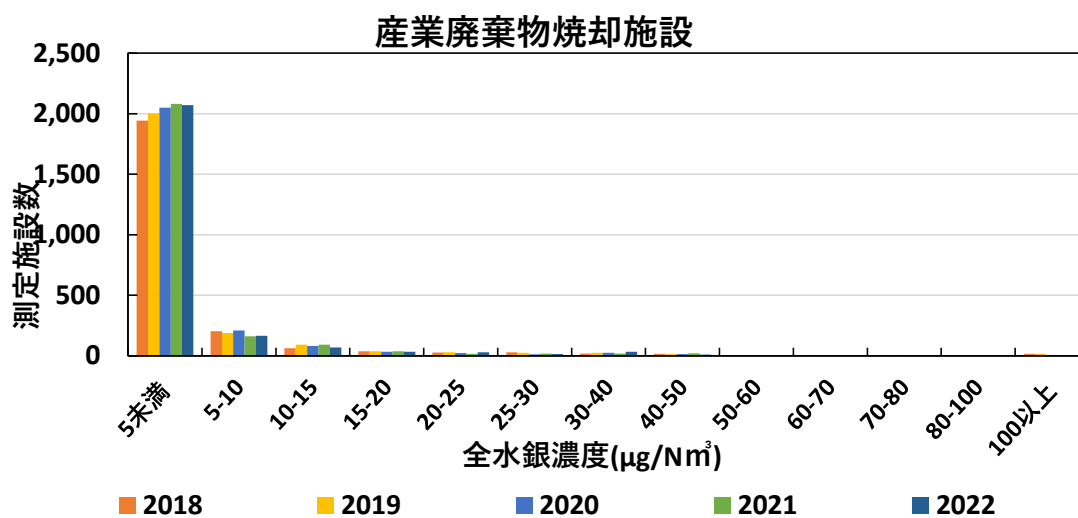


図 28 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移①（非鉄金属（一次施設））

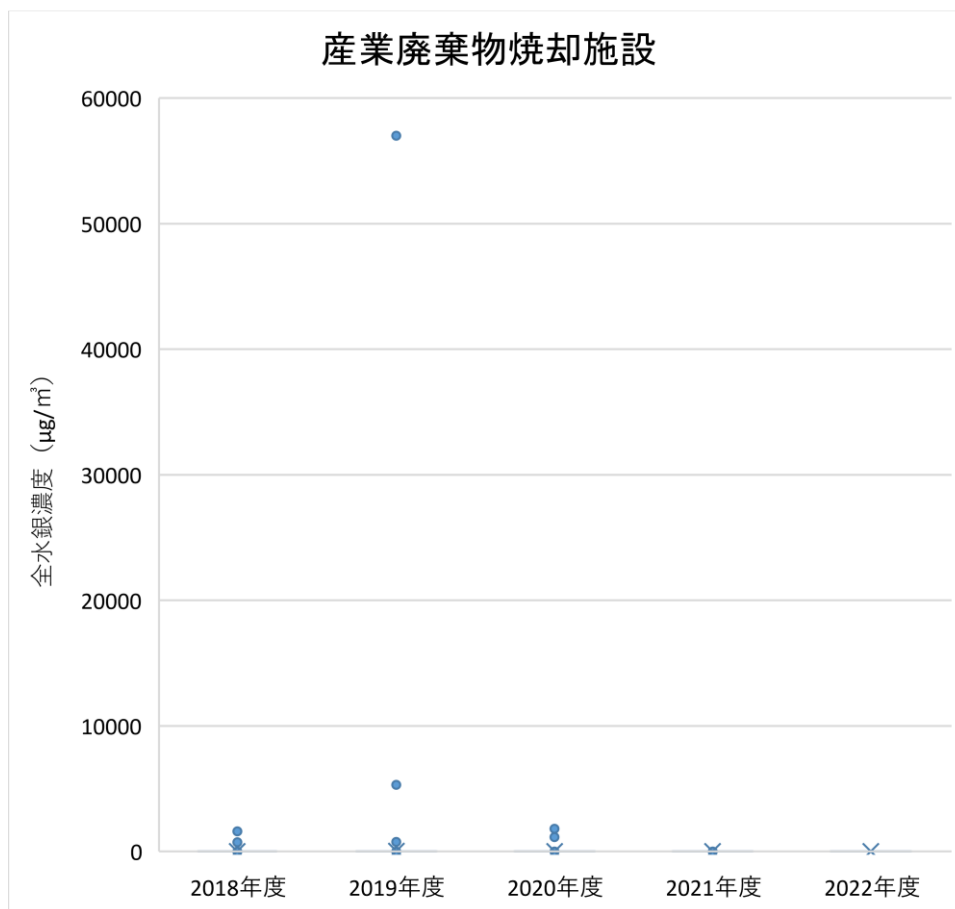


図 29 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移②（産業廃棄物焼却施設）
（縦軸最大値 60000µg/m³）

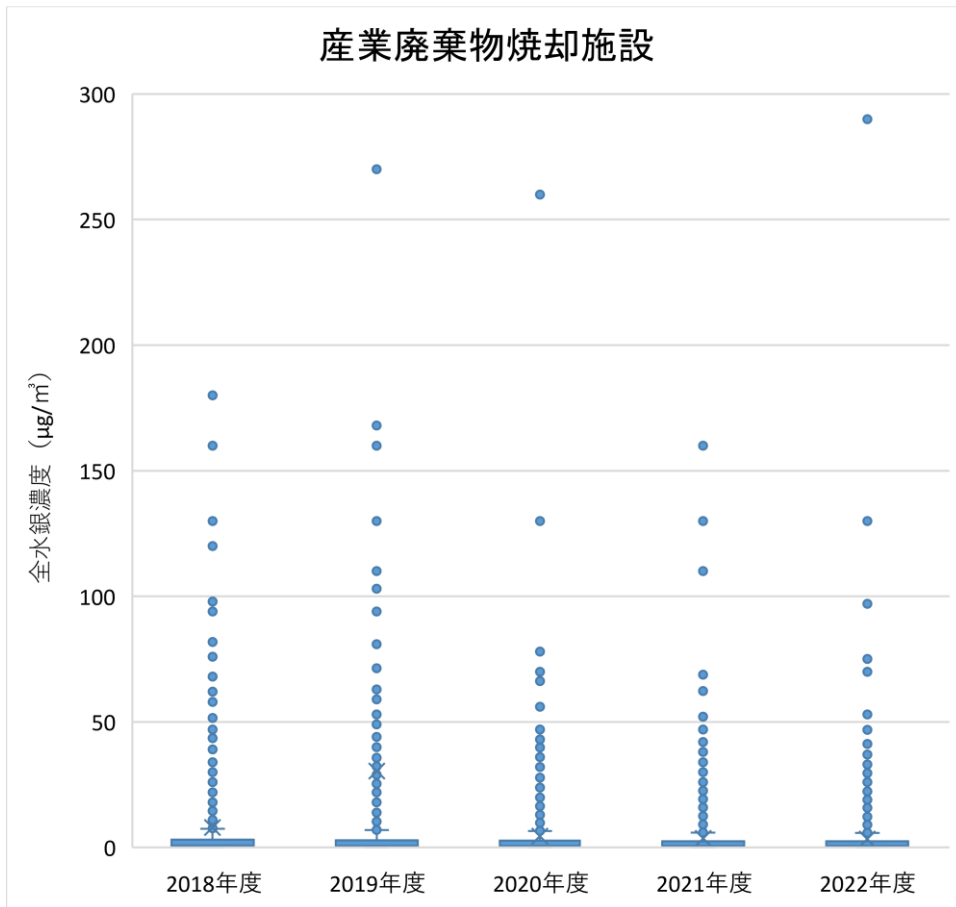


図 30 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移③ (産業廃棄物焼却施設)
(縦軸最大値 300µg/m³)

<下水汚泥焼却施設>

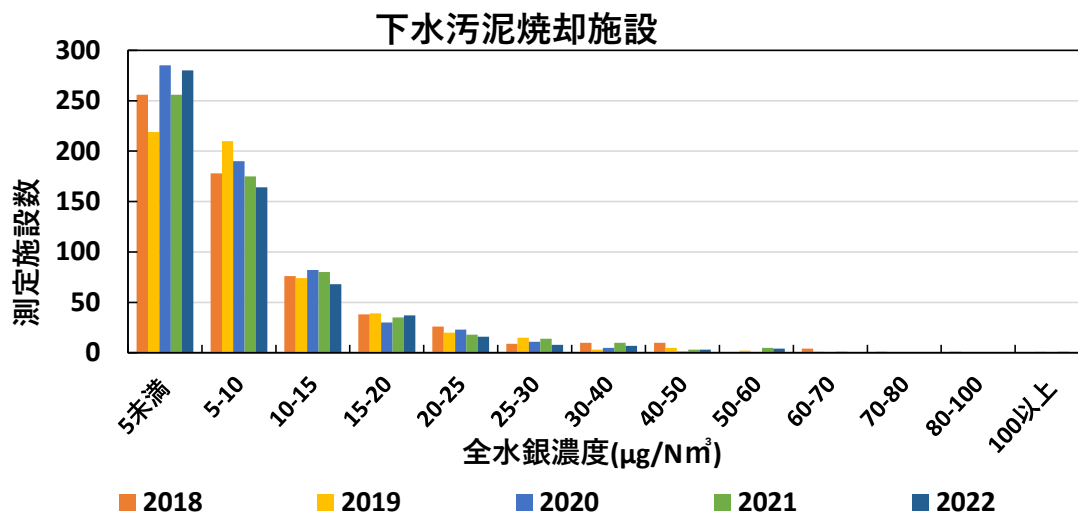


図 31 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移①（下水汚泥焼却施設）

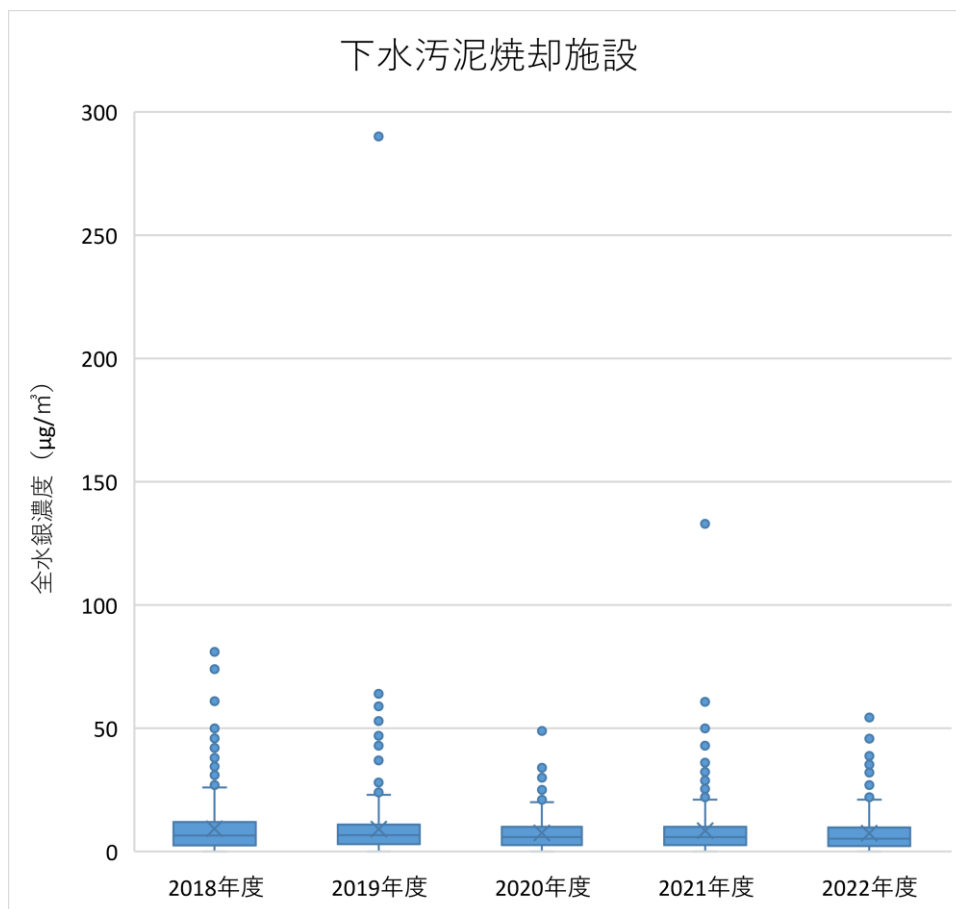


図 32 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移②（下水汚泥焼却施設）

<セメントの製造の用に供する焼成炉>

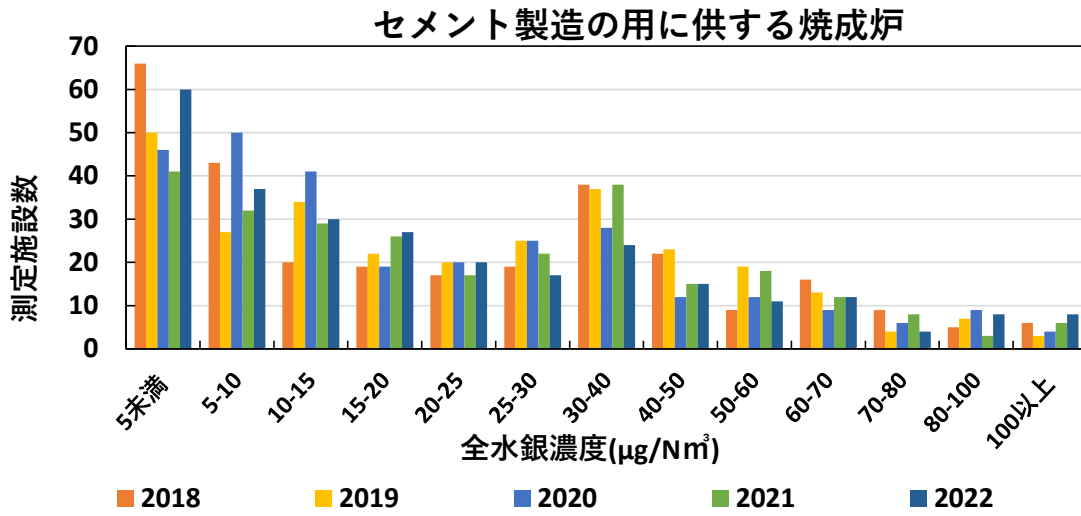


図 33 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移①（セメント製造の用に供する焼成炉）

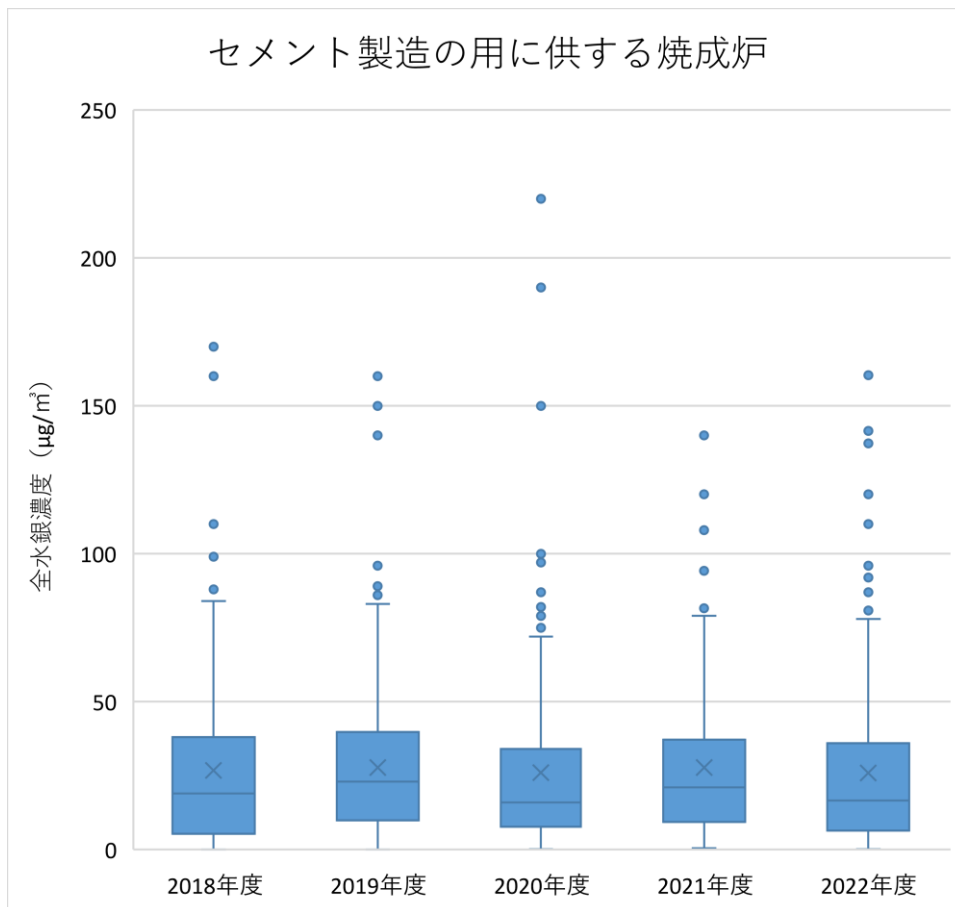


図 34 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移②（セメント製造の用に供する焼成炉）

<参考>施設ごとの測定結果（石炭火力発電所・産業ボイラー）

- 施設ごとの測定結果について、平成 30 年度～令和 4 年度までの測定結果 1 回分ごとにプロットした。
- また、令和 3 年度の施設ごとの年間排出量を第 2 軸（オレンジ色棒グラフ）で示した。
※水銀濃度と排出量で、測定期間が異なる（水銀濃度：平成 30 年度～令和 4 年度、排出量：令和 3 年度）ため、必ずしも水銀濃度と排出量が連動した結果となっていないことに留意が必要である。

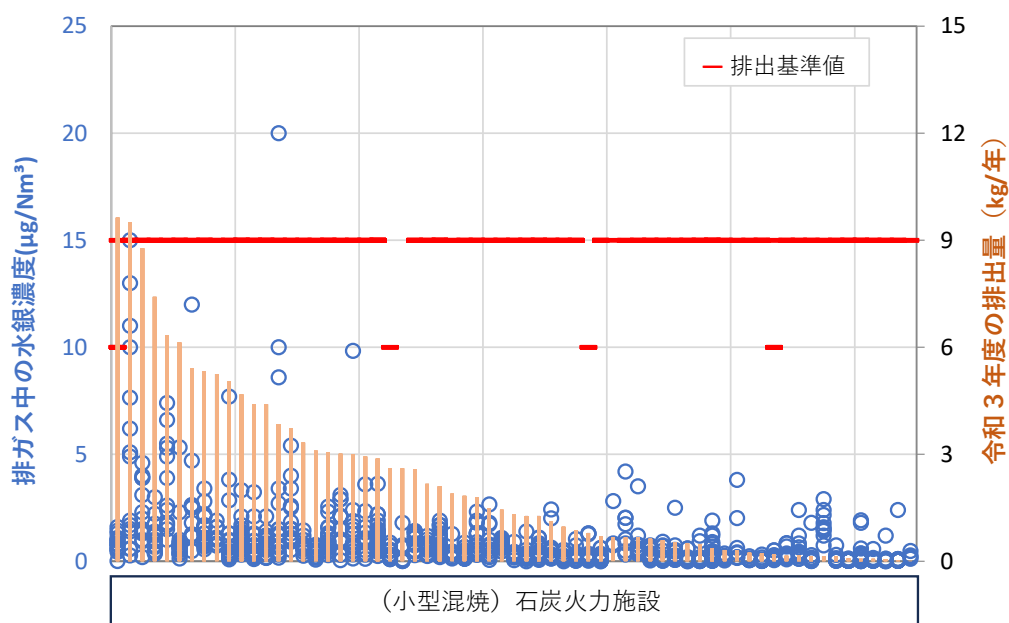


図 35 施設ごとの平成 30 年度～令和 4 年度の排ガス中水銀濃度と令和 3 年度の水銀排出量（小型混焼石炭火力発電所）

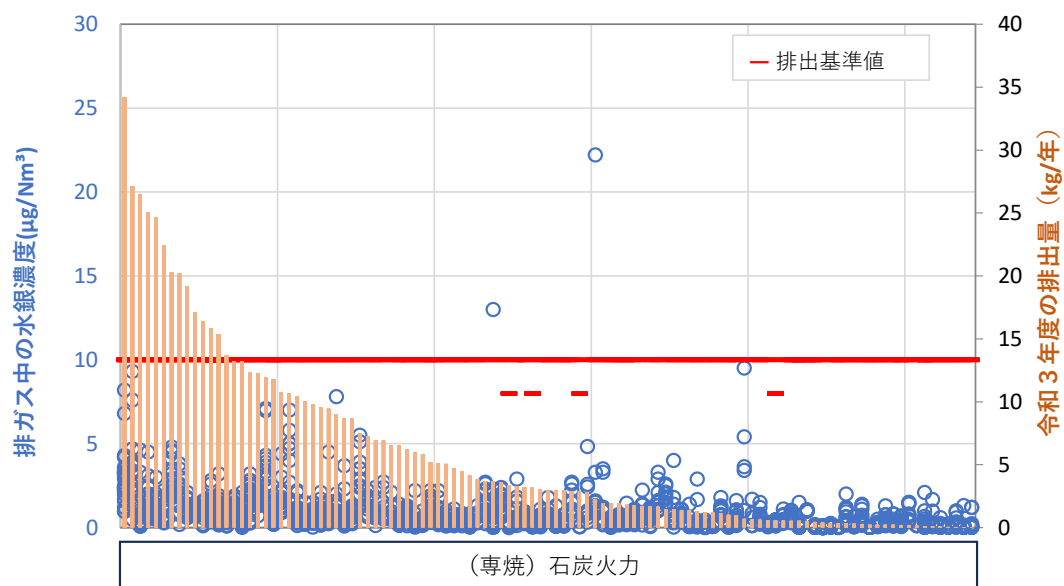


図 36 施設ごとの平成 30 年度～令和 4 年度の排ガス中水銀濃度と令和 3 年度の水銀排出量（専焼石炭火力発電所）

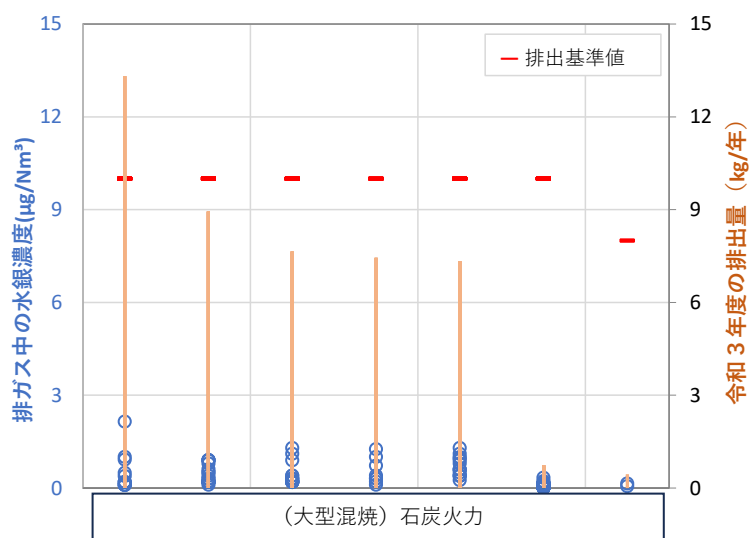


図 37 施設ごとの平成 30 年度～令和 4 年度の排ガス中水銀濃度と令和 3 年度の水銀排出量（大型石炭混焼石炭火力発電所）

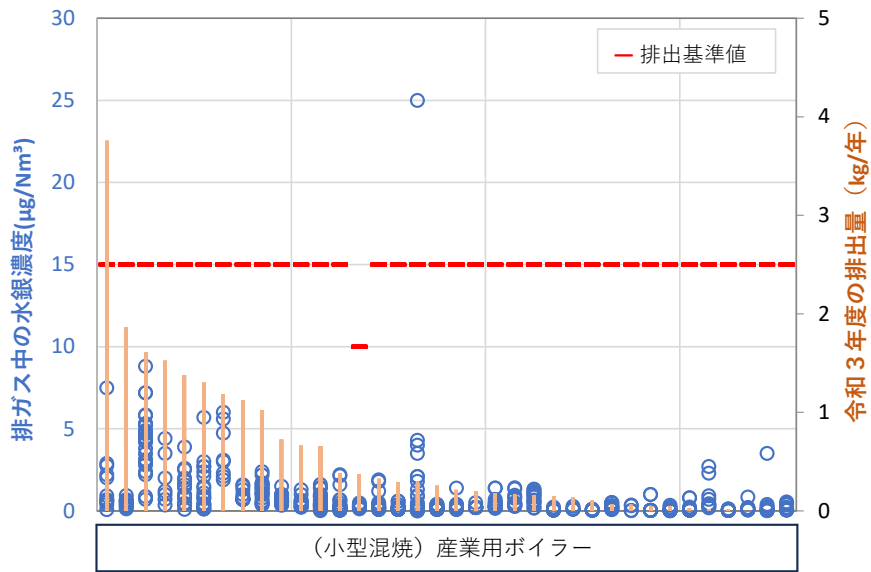


図 38 施設ごとの平成 30 年度～令和 4 年度の排ガス中水銀濃度と令和 3 年度の水銀排出量（小型混焼 産業用石炭燃焼ボイラー）

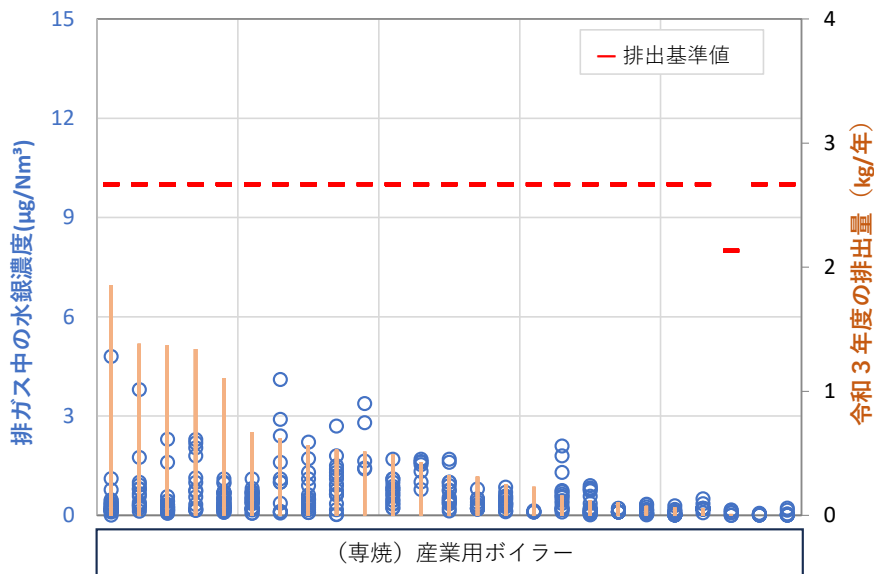


図 39 施設ごとの平成 30 年度～令和 4 年度の排ガス中水銀濃度と令和 3 年度の水銀排出量（石炭専焼 産業用石炭燃焼ボイラー）

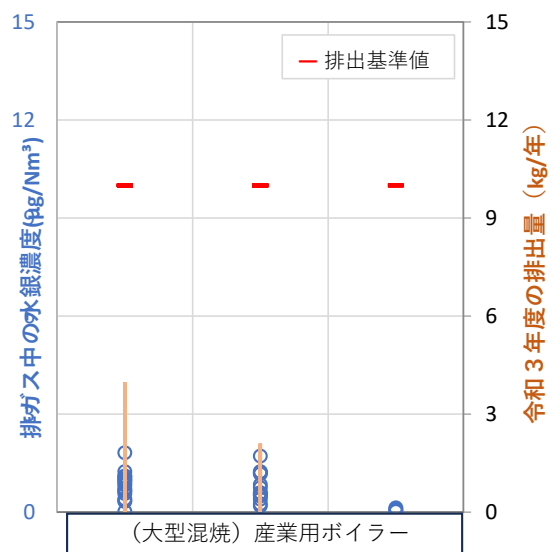


図 40 施設ごとの平成 30 年度～令和 4 年度の排ガス中水銀濃度と令和 3 年度の水銀排出量（大型石炭混焼 産業用石炭燃焼ボイラー）

1.3. 粒子状水銀の割合

平成30年度～令和4年度の5年分の測定結果を活用し、全水銀に占める粒子状水銀の割合を測定データごとに算出し、施設ごとにその割合の平均値を用いて、1施設1データとして集計を行った。集計にあたっては、どちらか一方が検出下限値以下の場合、検出下限値を用いて、粒子状水銀の割合を算出し、ガス状水銀と粒子状水銀が、共に検出下限値以下のものは、集計対象外とした。

表9 発生源種別別粒子状水銀の割合

	データ数	全水銀に占める粒子状水銀の割合 (%)			
		中央値	最大値	最小値	算術平均
石炭火力発電所	183	2.7%	30%	0.03%	4.2%
産業用石炭ボイラー	64	6.3%	56%	0.07%	11.7%
非鉄金属製造（一次施設）	13	9.5%	35%	0.2%	12.6%
非鉄金属製造（二次施設）	83	3.4%	90%	0.03%	9.6%
一般廃棄物焼却炉	1,984	1.5%	50%	0.01%	4.3%
産業廃棄物焼却炉	1,045	5.5%	91%	0.003%	9.1%
下水汚泥焼却炉	256	1.6%	48%	0.004%	3.9%
セメントクリンカー製造設備	48	5.7%	53%	0.08%	8.2%
全施設	3,676	2.5%	91%	0.003%	6.0%

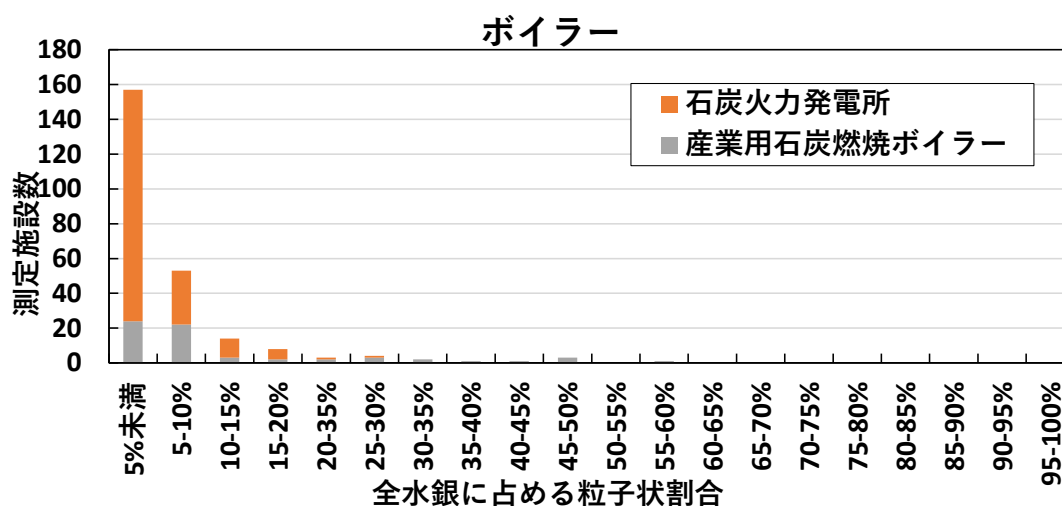


図41 全水銀に占める粒子状水銀割合の分布
(石炭火力発電所/産業用石炭ボイラー)

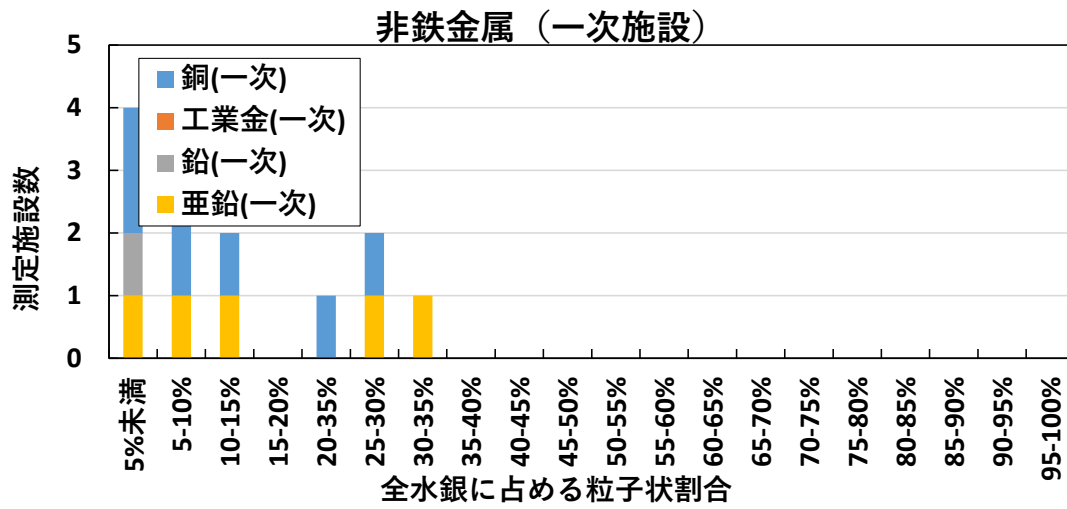


図 42 全水銀に占める粒子状水銀割合の分布
(非鉄金属製造（一次施設）)

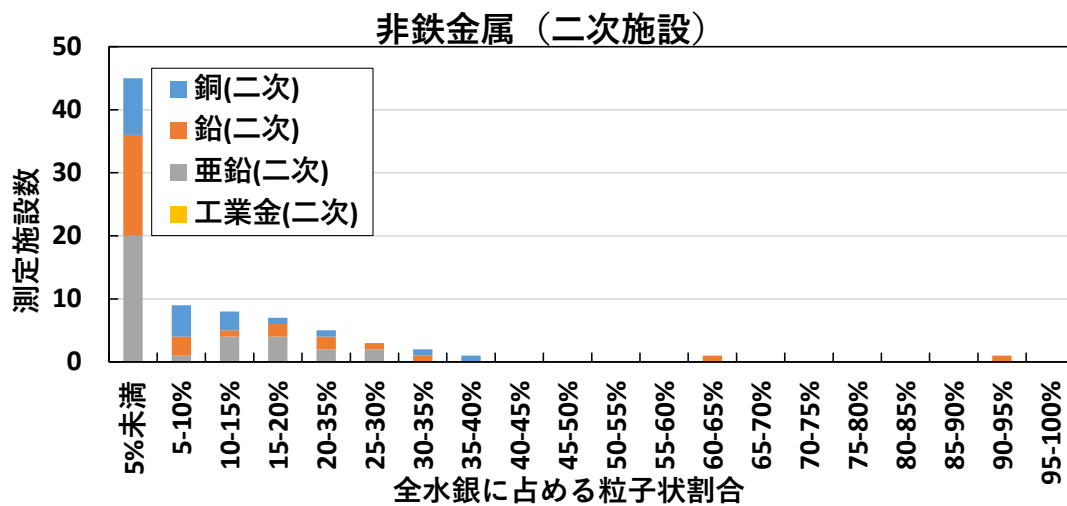


図 43 全水銀に占める粒子状水銀割合の分布
(非鉄金属製造（二次施設）)

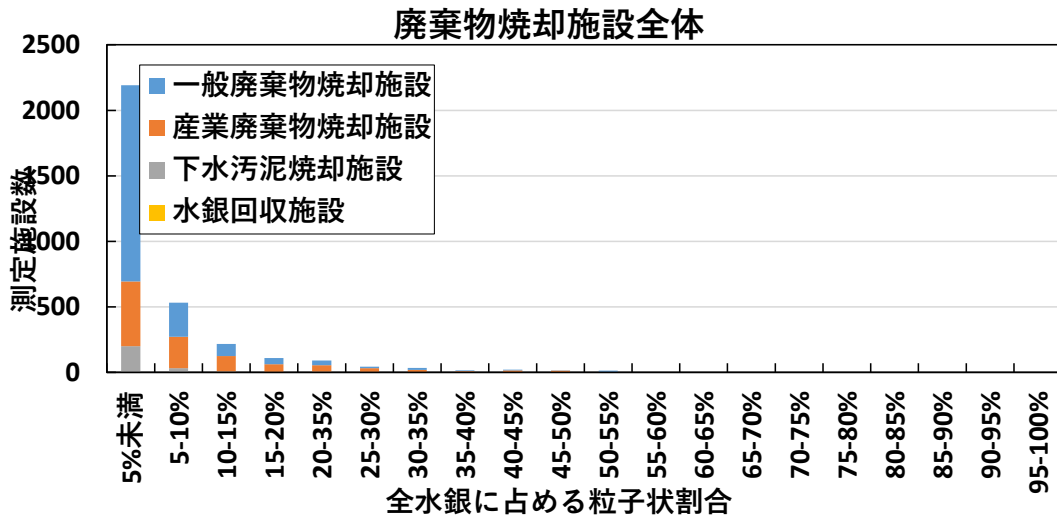


図 44 全水銀に占める粒子状水銀割合の分布
(廃棄物焼却施設)

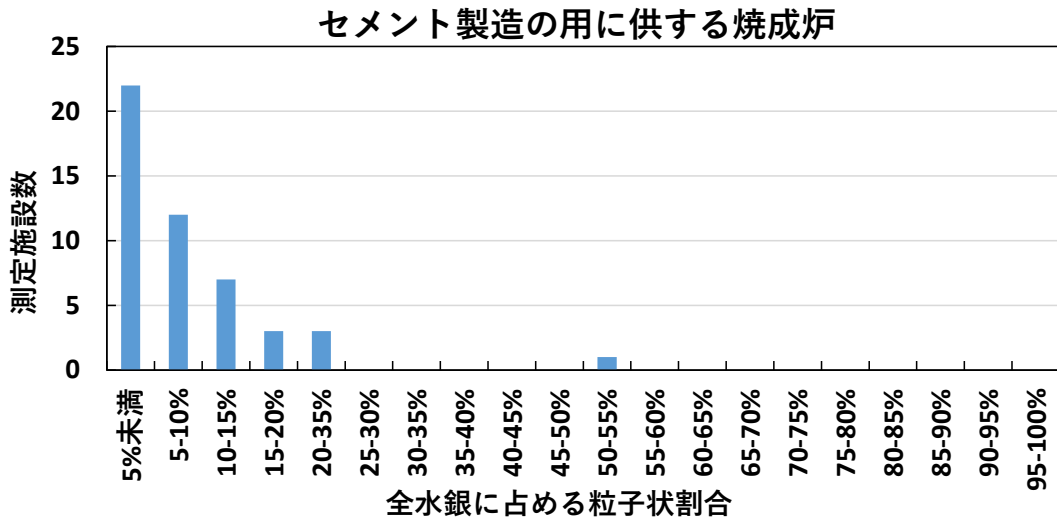


図 45 全水銀に占める粒子状水銀割合の分布
(セメント製造の用に供する焼成炉)

1.4.BEPの観点での水銀排出抑制技術の整理

- 水銀排出施設の届出設置以降に排ガス処理設備を含む構造等変更の届出があった施設は、平成30年度から令和3年度の間で約30件程度。
- 産業廃棄物焼却施設において、急冷塔へキレート剤注入装置を設置した施設における排ガス中水銀の定期測定結果の推移を以下に示す。
- 排ガス中水銀濃度に明確な低減傾向は確認できなかった。

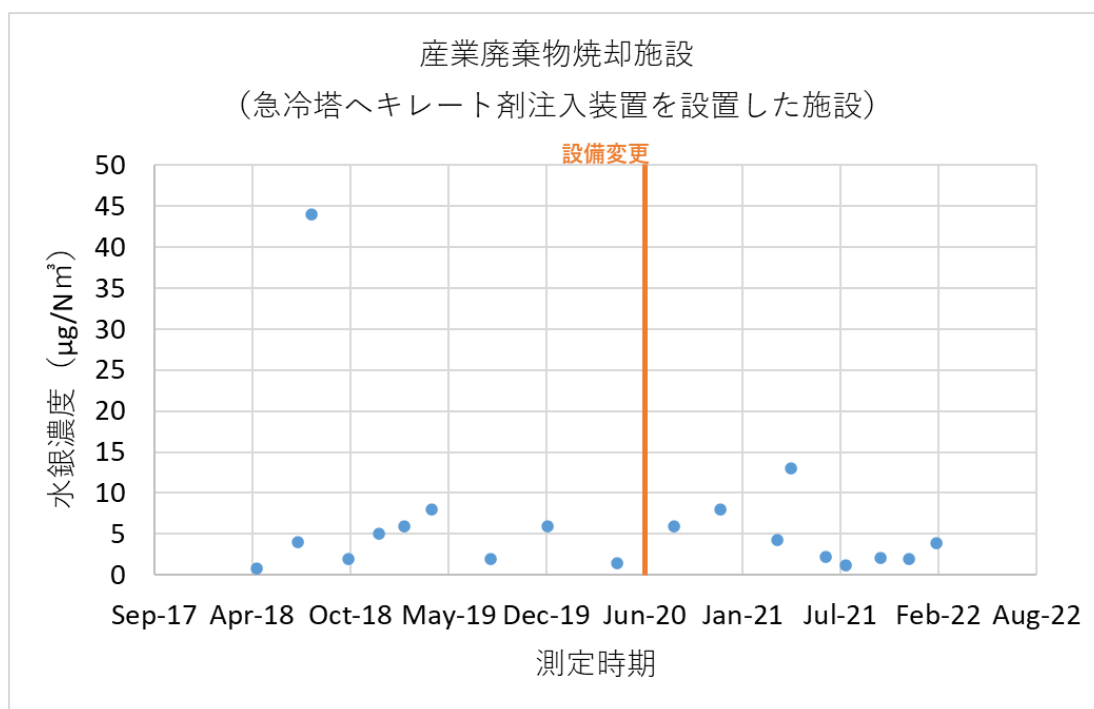


図46 <解析事例>産業廃棄物焼却施設（急冷塔へキレート剤注入装置を設置した施設）における排ガス中水銀定期測定結果の推移

2. IGCC 施設について（規制対象施設への追加要否について）

2.1. 国内稼働中の IGCC 施設について

国内における IGCC 施設（廃止済及び稼働予定を含む）は表 10 のとおりである。現在、国内では商業用炉として 2 基、実証試験として 1 基の IGCC 施設が存在する。なお、商業用炉である 2 基については、令和 5 年度現在、長期停止中である。また、この他に 1 施設において建設計画が進められている。

表 10 我が国における IGCC 施設の概要

事業者		発電出力	発電効率 ^{*6,7}	運転期間
① 勿来 IGCC 発電所 ^{*1}	勿来 IGCC パワー合同会社 ^{*1}	52 万 5 千 kW	48%	令和 5 年度長期停止中 (営業運転：令和 3 年 4 月～)
② 広野 IGCC 発電所 ^{*2}	広野 IGCC パワー合同会社 ^{*2}	54 万 3 千 kW	48%	令和 5 年度長期停止中 (営業運転：令和 3 年 11 月～)
③ 大崎クールジェン IGCC 実証試験発電所 ^{*3}	大崎クールジェン(株) ^{*3}	17 万 kW	40.8%	実証試験中 (平成 29 年 3 月～)
(勿来発電所 10 号機) ^{*4}	常磐共同火力株式会社	25 万 kW	42%	廃止済 (平成 25 年 4 月～令和 2 年 11 月)
GENESIS 松島 ^{*5}	電源開発(株)	約 50 万 kW	—	計画段階 (令和 8 年着工、令和 10 年度運転開始度運転開始予定) ^{*8}

*1 勿来 IGCC マネジメント株式会社、三菱重工業株式会社、三菱電機株式会社、東京電力ホールディングス株式会社、常磐共同火力株式会社 の 5 社による合同会社。東京電力ホールディングス株式会社「福島復興大型石炭ガス化複合発電設備実証計画（勿来）環境影響評価書のあらまし」（2016 年 8 月）

*2 広野 IGCC マネジメント株式会社、三菱重工業株式会社、三菱電機株式会社、東京電力ホールディングス株式会社 の 4 社による合同会社。東京電力ホールディングス株式会社「福島復興大型石炭ガス化複合発電設備実証計画（広野）環境影響評価書のあらまし」（2016 年 8 月）

*3 中国電力株式会社と電源開発株式会社の共同出資により設立。大崎クールジェン株式会社「酸素吹石炭ガス化複合発電実証試験発電所設置計画 環境影響評価書のあらまし」（2012 年 11 月）。

*4 常磐共同火力株式会社 HP 「勿来発電所 10 号機の廃止について」(<http://www.joban-power.co.jp/wp/wp-content/uploads/2020/11/50669e6b33e5099c8bfccaa96a880057.pdf>)

*5 電源開発株式会社「GENESIS 松島計画環境影響方法書のあらまし」

*6 発電効率として、勿来 IGCC 発電所、広野 IGCC 発電所、勿来発電所 10 号機では送電端効率（LHV：低位発熱量）、大崎クールジェン IGCC 実証試験発電所では送電端効率（HHV：高位発熱量）を示す。

*7 従来型石炭火力発電の発電効率は、約 40%程度(参考：資源エネルギー庁,総合資源エネルギー調査会基本政策分科会(第 18 回会合)資料 2-5)

*8 電源開発株式会社 HP 「松島火力発電所の今後について ～GENESIS 松島計画の推進と CO₂削減目標に向けた既存設備の更新～」(2023 年 10 月 31 日) (https://www.jpower.co.jp/news_release/2023/10/news231031_2.html)

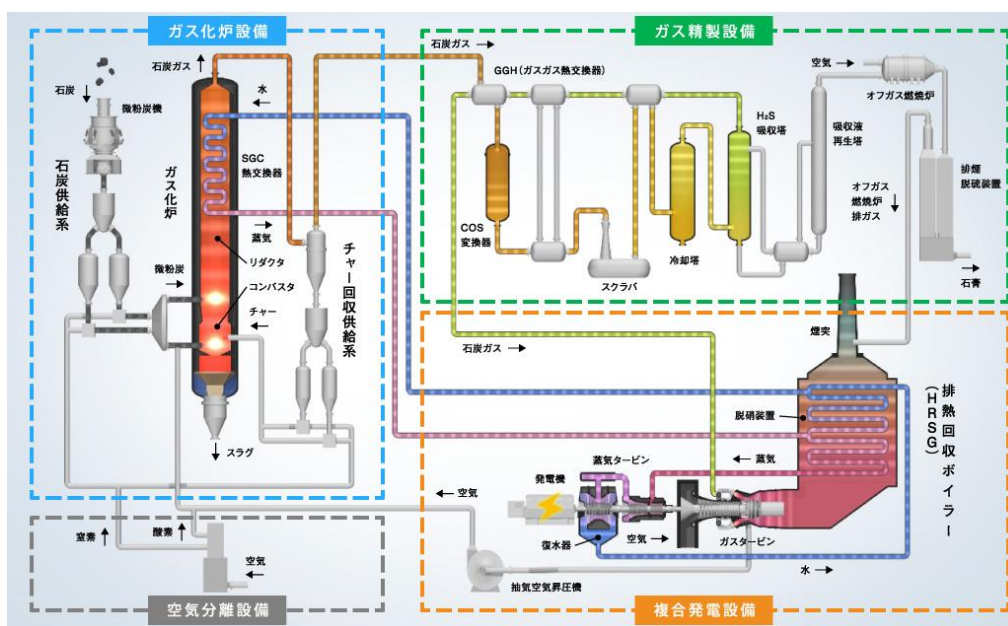


図 47 空気吹き IGCC 施設のフロー図

出典：勿来 IGCC パワー合同会社 HP：IGCC とは (<http://www.nakoso-igcc.co.jp/about-igcc/igcc-system/>) (令和 5 年 11 月 28 日閲覧)

2.2. 水銀排出実態に関する調査・検討状況

令和 3 年度～令和 4 年度における調査では、IGCC 施設の仕組みや IGCC 施設における水銀挙動、排ガス中水銀濃度の測定事例等について、文献調査及び事業者へのヒアリング調査を実施した。

(1) IGCC 施設における水銀排出実態に関する概要

表 10 に掲げた各社における水銀排出実態に関する概要を表 11 に示す。

排ガス中水銀の測定状況としては、①勿来 IGCC 発電所、②広野 IGCC 発電所では、令和 4 年度に排ガス及び原燃料等の自主測定を実施している。また、③大崎クールジェンでは、排ガス中水銀濃度が測定されており、その結果は毎年度事業者 HP において公表されている。

表 11 ヒアリング施設の概要（水銀排出関連）

		①勿来 IGCC 発電所	②広野 IGCC 発電所	③大崎クールジェン
運転状況		令和 5 年度長期停止中 (営業運転：令和 3 年 4 月～)	令和 5 年度長期停止中 (営業運転：令和 3 年 11 月～)	実証試験中 (平成 29 年 3 月～)
発電方式		IGCC		酸素吹 IGCC
大気汚染防 止法におけ るばい煙発 生施設区分	ガスタ ービン	「29 ガスタービン」		「29 ガスタービン」
	ガス化 炉	未該当		「2 ガス発生炉・加熱 炉」
排ガス中水銀濃度測 定事例		あり		あり
従来の石炭燃焼ボイ ラーで使用される石 炭との品質の違い		従来型石炭火力発電では利用が困難だった灰融点の低い 石炭が利用可能。(従来型と合わせて幅広い石炭を使用す ることができる。)		従来の石炭燃料ボイラ ーで使用される石炭と 同等の石炭を燃焼。

(2) 排ガス中水銀濃度について

IGCC と石炭火力発電所及び産業用石炭燃焼ボイラーの排ガス中水銀濃度の比較結果を
図 48 に示す。

大気汚染防止法において既に規制対象となっている石炭火力発電所及び産業用石炭燃焼
ボイラーの排出基準（表 12）、定期測定結果（表 13）と比較すると、大気汚染防止法にお
ける排出基準（表 12）との比較では、図 48 の測定値は十分に低い排出濃度であった。

大気汚染防止法に基づく定期測定結果（令和 2 年度実績）（表 13）との比較では、図 48
の測定値は同程度の濃度であった。

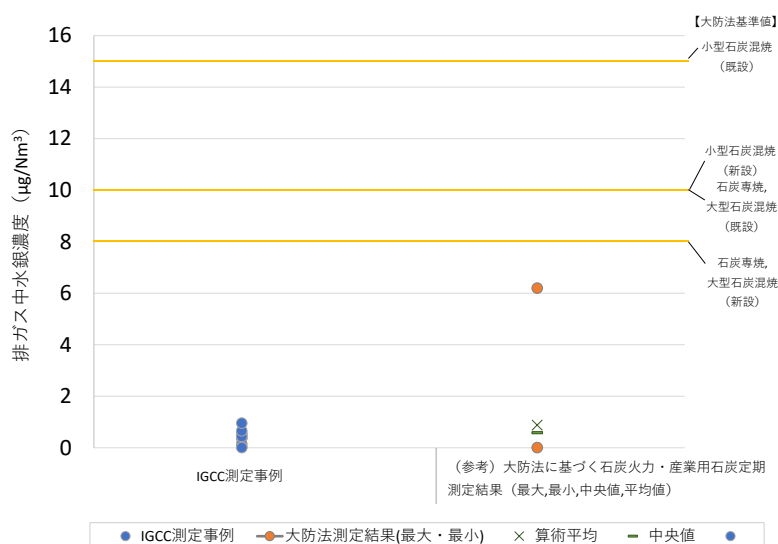


図 48 排ガス中水銀濃度の比較 (IGCC 施設、石炭火力発電所及び産業用石炭燃焼ボイラー)

(注)IGCC 測定事例は、3 施設の全ての測定事例を示す。石炭火力発電所及び産業用石炭燃焼ボ
イラーの測定結果は、令和 2 年度実績の測定値の最大、最小、中央値、平均値を示す。

表 12 石炭火力発電所及び産業用石炭燃焼ボイラーの水銀排出基準

	排出基準 (µg/Nm ³)	
	新設	既設
小型石炭混焼ボイラー	10	15
石炭専焼ボイラー 大型石炭混焼ボイラー	8	10

表 13 石炭火力発電所及び産業用石炭燃焼ボイラーの排ガス中水銀濃度

水銀排出施設種類	施設数	排ガス中全水銀濃度 (µg/Nm ³)					
		中央値	最大値	最小値	算術平均値	幾何平均値	
小型石炭混焼ボイラー	石炭火力発電所	74	0.53	6.2	0.012	0.83	0.41
	産業用石炭燃焼ボイラー	39	0.38	4.3	0.020	1.0	0.40
石炭専焼ボイラー	石炭火力発電所	105	0.64	5.4	0.0085	0.92	0.56
	産業用石炭燃焼ボイラー	19	0.58	2.3	0.049	0.75	0.44
大型石炭混焼ボイラー	石炭火力発電所	3	0.19	0.84	0.070	0.37	0.22
	産業用石炭燃焼ボイラー	1	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
	全体	241	0.58	6.2	0.0085	0.88	0.47

出典：環境省, 中央環境審議会 大気・騒音振動部会 大気排出基準等専門委員会 (第 11 回) 資料 1 (<https://www.env.go.jp/council/07air-noise/2022/03/17/mat1.pdf>)

(3) 水銀のマテリアルバランスについて

①勿来 IGCC 発電所、②広野 IGCC 発電所では、排ガス測定と併せて、石炭、汚泥、石膏、スラグ、処理水の各媒体の水銀濃度についても測定をしている。

(4) 【参考】石炭火力発電施設における発電技術別の水銀濃度

水銀排出施設を設置する事業者 (石炭火力発電所) による平成 30 年度～令和 4 年度の 5 年分の測定結果について、各事業者の発電技術別に排ガス中水銀濃度を集計した (表 14、図 49)。各事業者の発電技術については、下記 i)、ii) の資料を元に事業者名から分類を行った。

i) 第 1 回総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会 省エネルギー・新エネルギー分科会 省エネルギー小委員会合同石炭火力検討ワーキンググループ (令和 2 年 8 月 7 日開催) 参考資料「石炭火力発電所一覧」

ii) (一社)火力原子力発電技術協会(2017 年)『火力原子力発電所設備要覧』平成 29 年改訂版

※ i) に事業者名がなく、ii) で蒸気圧力が 140～221bar の施設は SUB-C に分類、それ以外の蒸気圧力が 140bar 以下のものは、その他に分類。①、②に事業者名がなく発電技術が不明な施設は、22 施設 (共同火力発電所：6 施設(4 事業者)、バイオマス混焼発電施設：5 施設、製紙工業施設：5 施設、化学工業施設：4 施設、農業施設：2 施設)

表 14 石炭火力発電施設における発電技術別の水銀濃度(平成 30 年度～令和 4 年度実績)

石炭火力（発電技術別）	施設数	排ガス中水銀濃度（全水銀）（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）				
		中央値	最大値	最小値	算術平均値	幾何平均値
USC	29	1.1	4.1	0.05	1.2	0.81
SC	21	1.2	6.2	0.13	1.9	1.2
SUB-C	76	1.4	7.7	0.094	1.9	1.2
その他	65	0.87	10	0.11	1.7	0.90
合計	180	1.2	10	0.047	1.7	1.0

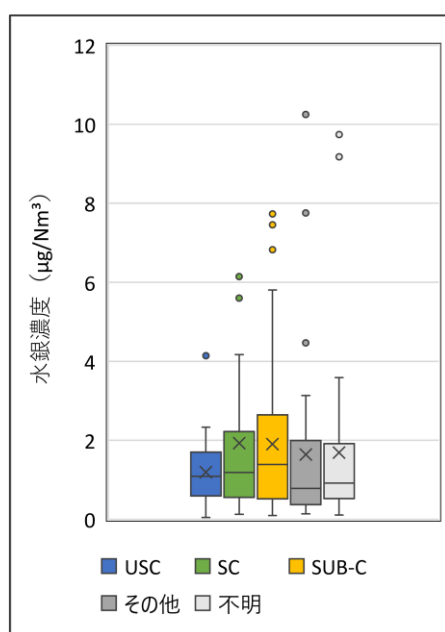
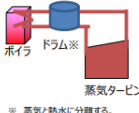
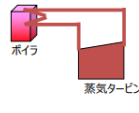
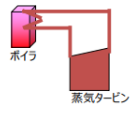
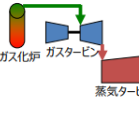
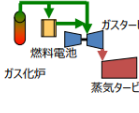


図 49 石炭火力の発電技術別の水銀濃度 (平成 30 年度～令和 4 年度実績)

発電方式	亜臨界圧 (SUB-C)	超臨界圧 (SC)	超々臨界圧 (USC)	石炭ガス化複合発電 (IGCC)	石炭ガス化燃料電池複合発電 (IGFC)
概要	蒸気タービンのみで発電する方式。旧式であり、安価で運転管理も容易。	蒸気タービンのみで発電する方式。途上国では現在導入が進む主流の技術。	蒸気タービンのみで発電する方式。現在の石炭火力の主流。蒸気の温度・圧力を上げることによって効率が向上。	石炭をガス化した上で燃焼させて発電する技術。ガスタービン発電と、そこから排熱で発生させた蒸気を利用する蒸気タービン発電の2つを複合させることで高効率化が可能となる。	IGCCにさらに燃料電池を組み合わせたトリプル複合発電方式。更に高効率化が可能。現在広島県の大崎上島で2022年度の実証試験開始に向けて準備中。
構造	 ボイラ ドラム※ 蒸気タービン ※ 蒸気と熱水に分離する。	 ボイラ 蒸気タービン	 ボイラ 蒸気タービン	 ガス化炉 ガスタービン 蒸気タービン	 ガス化炉 燃料電池 ガスタービン 蒸気タービン
発電効率	38%以下	38%～40%程度	41%～43%程度	46～50%程度	55%程度
蒸気圧力 蒸気温度	221bar以下 (1bar≒1気圧)	221barを超えるもの	221barを超えるもの 593℃以上	ガス温度：1300℃～	ガス温度：1300℃～

Sub-C:Sub Critical SC:Super Critical USC:Ultra Super Critical
IGCC:Integrated Gasification Combined Cycle IGFC:Integrated Gasification Fuel Cell Combined Cycle

14

図 50 石炭火力発電技術について

出典：第1回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会 省エネルギー・新エネルギー分科会 省エネルギー小委員会 合同 石炭火力検討ワーキンググループ（令和2年8月7日開催）資料5「非効率石炭火力のフェードアウトを巡る状況について」より抜粋

2.3.海外における規制状況について

諸外国における IGCC 施設の水銀大気排出基準の状況等について確認を行った。調査対象国は、EU、ドイツ、米国、カナダ、中国を対象とした。

調査の結果、EU、米国においては、IGCC において水銀の大気排出基準値が設定されており、その他の国では IGCC 施設における基準値は設定されていなかった。

表 15 石炭火力発電所/IGCC, Integrated Gasification Combined Cycle (石炭ガス化複合発電)

	国	石炭種	施設規模	排出基準	対象期間	酸素濃度	測定対象	備考 (測定方法、データ数等)
新設	EU	—	熱投入量 ≥ 100 MWth	<1 µg/Nm ³	サンプリング 期間の平均 ¹	15%	粒子状水銀及び水銀化合物	年 1 回測定 (EN13211) ²
	米国	—	—	0.003 lb/GWh (約 0.5µg/Nm ³) ³	1 時間平均 ⁴	7% ⁵	全ガス状水銀	連続排出モニタリングシステム (CEMS) 又は吸着剤トラップモニタリングシステム
既設	EU	新設と同じ (新設と既設の区別なし)						
	米国	—	—	2.5 lb/TBtu 又は 0.03 lb/GWh (約 0.5µg/Nm ³)	1 時間平均 ⁶	7%	全ガス状水銀	低排出 EGU テスト (Method 30B による 30 日間測定 (連続最長 10 日)、CEMS、又は吸 着剤トラップモニタリングシステム

※ドイツ・カナダ・・・IGCC に言及した規定は確認できていない。

中国・・・IGCC に関し排出基準は設定されていない。⁷

¹ 30 分以上の測定を三回連続して得られた値の平均値

² 年間の稼働時間が 1,500 時間未満の場合、年 1 回測定は適用されない。

³ 理論燃焼時の投入熱量あたり排ガス量 (瀝青炭の場合) 9,780 dscf/MMBtu、米国における代表的な発電効率 34% とし、1 dscf (dry standard cubic foot) = 0.02832 m³、1 dscm (dry standard cubic meter) = 0.931741 Nm³ で換算。理論燃焼時の投入熱量あたり排ガス量としては、Method 19 で示されている F-factor を利用した。(出典: http://www3.epa.gov/ttn/atw/utility/a1_egu_mact_floor_memo_121611.pdf) (参照 2023-2-21)

⁴ ボイラー稼働連続 30 日間中の 1 時間値を加えて累積データ数で除した平均値 (40 CFR 63.10021 (b))

⁵ Method 19 に基づく (1 時間当りの熱量ベースによる計算の場合。40 CFR 63.10007 (e) (2), Appendix A 6.2.2.1)

⁶ ボイラー稼働連続 30 日間中の 1 時間値を加えて累積データ数で除した平均値 (40 CFR 63.10021 (b))。低排出 EGU テストについては不明。

⁷ GB13223-2011 (火力発電所大気汚染排出基準) において、すべての石炭ガス化複合発電のガスタービンユニットは同基準における天然ガスのガスタービンユニットの制限値を執行することが記載されているが、天然ガスタービンユニットに対して水銀及び水銀化合物の排出基準は設定されていない。

2.4. (参考) IGCC 施設についての基本情報

(1) IGCC 施設の概要

石炭燃焼による火力発電は、比較的安価で埋蔵量が多い石炭を使用するため、安定的な供給を見込める発電システムである一方で、他の発電技術と比較して CO₂ の排出量が多いという課題がある。その課題に対して、発電効率を高めることにより CO₂ 排出量の低減を目指して、IGCC (Integrated coal Gasification Combined Cycle) 施設と呼ばれる発電システムが開発された。

従来型の石炭火力発電は、石炭燃焼により蒸気を発生させ、タービンを回転して発電を行っているが、IGCC では、石炭をガス化して発生させた燃焼ガスを用いてガスタービンで発電を行い、さらにガス化炉内でガス生成時に発生する熱とガスタービンの排熱を用いて蒸気タービンでも発電を行っており、2 つのタービンで発電を行うことにより発電効率を高めている。

IGCC を導入することにより、発電効率は、従来型石炭火力での約 40%から約 48~50%程度に向上し、CO₂ 排出量も約 15%の低減が予測されている。また、従来型では利用困難であった灰融点が高い石炭種も利用することが可能となるため、利用炭種の拡大も見込まれる。

また、国が整理し、公表している「最新鋭の発電技術の商用化及び開発状況 (BAT の参考表)」(令和 2 年 1 月時点)⁸においては、20 万 kW 級の IGCC (空気吹き) 施設については、A ランクの「経済性・信頼性において問題なく商用プラントとして既に運転開始をしている最新鋭の発電技術」として位置づけられ、50 万 kW 級の IGCC (空気吹き) 施設については、C ランクの「開発・実証段階の発電技術」として位置づけられていた。令和 4 年 9 月に更新された最新の BAT の参考表⁹では、A ランクに記載されていた 20 万 kW 級の IGCC (空気吹き) 施設の記載が無くなっており、50 万 kW 級の IGCC (空気吹き) 施設は B ランクの「商用プラントとして着工済み (試運転期間等を含む) の発電技術及び商用プラントとしての採用が決定し環境アセスメント手続に入っている発電技術」に位置づけられている。その上、同参考表では新たに 17 万 kW 級の IGFC 施設が C ランクに位置づけられている。

なお、これまでに設置された IGCC 施設については、大気汚染防止法で規定されるばい煙発生施設の「ガスタービン」に該当する。

⁸ 経済産業省 HP：最新鋭の発電技術の商用化及び開発状況 (BAT の参考表) の更新について
https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/electric/detail/bat_20140501.html

⁹ 環境省 HP：最新鋭の発電技術の商用化及び開発状況 (BAT の参考表) の更新について
https://www.env.go.jp/press/press_00502.html

(2) IGCC の発電システム

IGCC の発電システムは図 51 のとおりである。IGCC の排出ガス処理は、ガス化炉設備、ガス精製設備、排熱回収ボイラーにより行われている。

- ① ガス化炉の中へ石炭と酸素（あるいは空気）を吹込み、石炭を高温燃焼し、還元作用の働きで、一酸化炭素（CO）と水素（H₂）を主成分とする石炭ガス化ガスを発生させる。
- ② 発生した石炭ガス化ガスは、生成ガス冷却器で熱回収し、ガス精製設備で不純物と硫黄分を除去する。
- ③ ガスタービン燃焼器でガスを高温高圧にして燃焼することで、ガスタービンを駆動させる。ガスタービンの燃焼排ガスは、排熱回収ボイラーで熱回収した後、煙突から放出する。
- ④ ガス化炉熱交換器及び排熱回収ボイラーでの熱回収により発生した蒸気は、蒸気タービンを駆動する。

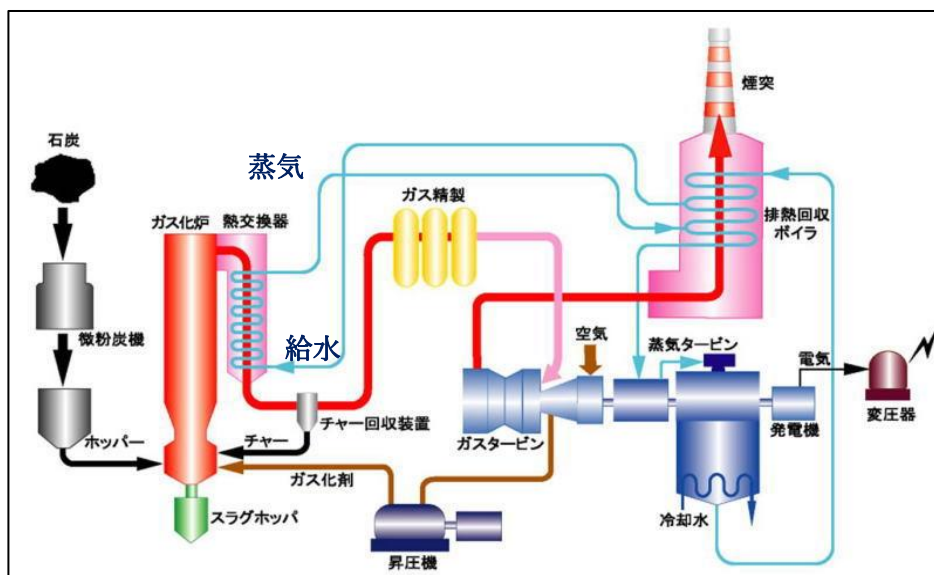


図 51 空気吹き IGCC システムの概略図

出典：常磐共同火力株式会社 HP (<http://www.joban-power.co.jp/igcc/overview/>) (令和 5 年 12 月 12 日閲覧)

(3) IGFC について

IGCC 設備に、更に燃料電池を組み込んだ石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC；Integrated Coal Gasification Fuel Cell Combined Cycle）が、令和 4 年度から国内において実証試験が実施中である。IGFC は、燃料電池、ガスタービン、蒸気タービンの 3 種の発電形態を組み合わせることで複合発電を行うものであり、発電効率が 55%程度と見込まれる発電技術である。発電システムは、ガス精製までは IGCC と同様であり、燃料電池を組み入れることにより高い発電効率が期待される。

排出経路における水銀の除去工程としては、IGCC と同等とみなすことができるため、IGCC と同様の施設として検討の対象とすることを考える。

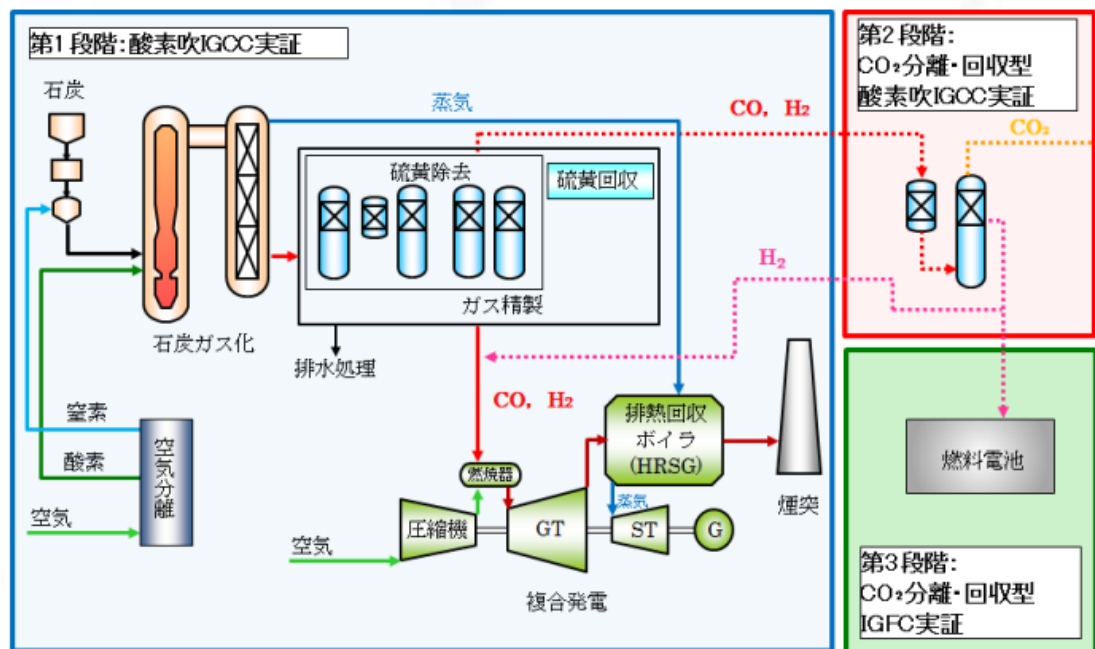


図 52 石炭ガス化燃料電池複合発電 (IGFC 施設) 実証事業の概要

出典：国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 「2020 年度 NEDO 環境部成果報告会 石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」 (<https://www.nedo.go.jp/content/100932833.pdf>) (令和 4 年 12 月 20 日閲覧)

(4) IGCC からの水銀排出について

① IGCC 系統内の水銀の挙動 (NEDO 調査)

平成 22 年 3 月に、多目的石炭ガス製造技術開発 (EAGLE) パイロット試験設備による研究およびゼロエミッション化技術に関する研究により、IGCC 系統内における水銀の挙動に関する調査が実施され、系統内マテリアルバランスの調査のために、図 52 の赤丸で囲われた地点において水銀等が測定された。その結果、石炭中の水銀は、ガス化炉において全量生成ガス (図 53 緑丸) へと移行しており、その後生成ガス中水銀の 10%程度が排ガス (精製ガス) へと移行した (図 54 参照)。

図 53 において、水銀の移行率は 20%以下と小さいが、回収されなかった水銀は、洗浄水の温度が低下する第二水洗塔周辺にて堆積する状況が確認された。なお、堆積した水銀については、プラント起動停止時等の循環水温度が低い状況において、非定常的に排水処理系統に排出されることが確認された。

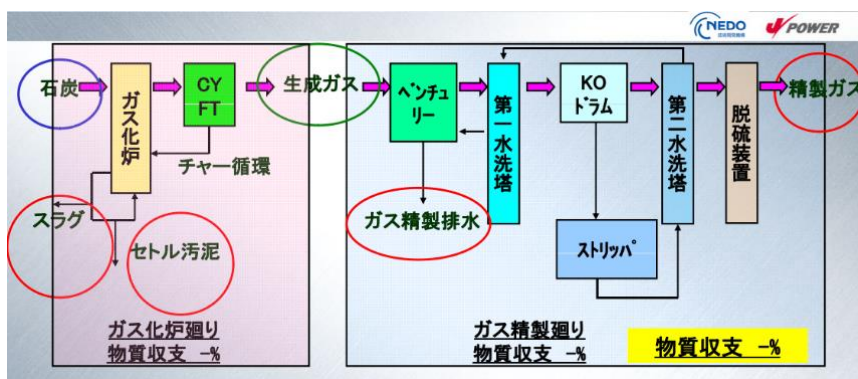


図 53 微量物質挙動調査におけるフロー図

出典：独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会 『「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)」事後評価報告書』(平成 22 年 3 月)より、「微量物質の挙動調査」(<https://www.nedo.go.jp/content/100096842.pdf>)

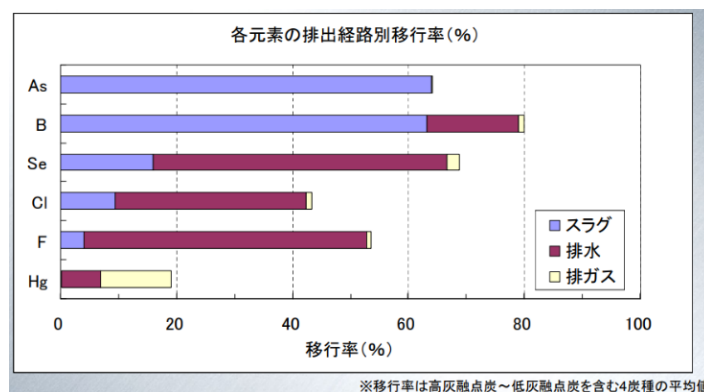


図 54 各元素の排出経路別移行率

出典：独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会 『「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)」事後評価報告書』(平成 22 年 3 月)より、「微量物質の挙動調査」(<https://www.nedo.go.jp/content/100096842.pdf>)

② 水銀の大気への排出（環境影響評価書等）

① 勿来 IGCC 発電所、② 広野 IGCC 発電所に関して、環境影響評価準備書¹⁰¹¹の中で、水銀について、「排ガス中濃度は、(中略)、「福島県生活環境の保全等に関する条例」における石炭ボイラーの基準を準用し、基準値 0.1mg/m³ に対して 0.0018mg/m³ であり、基準に適合していることを確認」との記載があった。なお、当該数値は推計値であり、実測値ではないことに留意が必要である。

¹⁰ 経済産業省「福島復興大型石炭ガス化複合発電設備実証計画（勿来）環境影響評価準備書についての意見の概要と事業者の見解」（平成 28 年 1 月）https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/electric/files/nakoso_igcc/jyunbisho_kenkai.pdf

¹¹ 経済産業省「福島復興大型石炭ガス化複合発電設備実証計画（広野）環境影響評価準備書についての意見の概要と事業者の見解」（平成 28 年 1 月）https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/electric/files/hirono_igcc/jyunbisho_kenkai.pdf

(5) 海外の設置状況

海外における IGCC 施設の主な設置状況としては表 16 のとおりである。

表 16 海外の主な IGCC 施設

プロジェクト名 (国)	ガス化炉 タイプ	石炭消費量 (t/日)	発電端 出力	運転開始時期
Buggenum (オランダ)	酸素吹き (Dry-feed)	2,000	284 MW	1994 年 1 月
Wabash River (米国)	酸素吹き (Slurry-feed)	2,500	297 MW	1995 年 10 月
Tampa (米国)	酸素吹き (Slurry-feed)	2,500	315 MW	1996 年 9 月
Puertollano (スペイン)	酸素吹き (Dry-feed)	2,600	335 MW	1997 年 12 月
Edwardsport (米国)	酸素吹き ((Slurry-feed)	5,400	761MW	2013 年 6 月
Kemper Country (米国)	空気吹き (Dry-feed) 移動床ガス化炉 (TRIG)	4,600t×2	582MW	2017 年 (中 止)
GreenGen (中国 (天津))	酸素吹き (Dry-feed)	2,090	265 MW	2013 年 6 月
Taeon IGCC (韓国)	酸素吹き (Dry-feed)	2,670	380 MW	2016 年末

出典：

- ・電力中央研究所, 石炭ガス化複合発電技術－空気吹き IGCC 実証試験の成果－, 電中研レビュー (平成 28 年 3 月)
- ・第 7 回革新的 CO₂ 膜分離技術シンポジウム 地球温暖化防止に貢献する膜分離技術の最新動向 (平成 30 年 2 月 13 日開催), 「石炭ガス化複合発電 (IGCC) の現状と今後の普及」常磐共同火力株式会社

3. 非鉄金属製造施設（基準値の見直しについて）

3.1.現在の規制内容

（1）施設の規模要件等

- 大防法において水銀規制の対象となっている非鉄金属製造施設の概要は表 17 のとおり。
- 製造する非鉄金属の種類や炉形式毎に、対象となる施設規模が示されている。

表 17 規制対象となる施設（水銀排出施設）（規則 別表第三の三）

水俣条約の 附属書D	大気汚染防止法の 水銀排出施設		施設の規模・要件 (以下のいずれかに該当するもの)
非鉄金属 (銅、鉛、亜鉛及び工業金)製造に用いられる精錬及び焙焼の工程	一次 施設	銅又は工業金	金属の精錬の用に供する焙焼炉、焼結炉（ペレット焼成炉を含む。）及び煅焼炉／金属の精錬の用に供する溶鋳炉（溶鋳用反射炉を含む。）、転炉及び平炉： ●原料処理能力 1t/時以上 金属の精製の用に供する溶解炉（こしき炉を除く。）： ●火格子面積 1 m ² 以上 ●羽口面断面積 0.5 m ² 以上 ●燃烧能力 ^(注1) 50L/時以上 ●変圧器定格容量 200kVA 以上 銅、鉛又は亜鉛の精錬の用に供する焙焼炉、焼結炉（ペレット焼成炉を含む。）、溶鋳炉（溶鋳用反射炉を含む。）、転炉、溶解炉及び乾燥炉： ●原料処理能力 0.5t/時以上 ●火格子面積 0.5 m ² 以上 ●羽口面断面積 0.2 m ² 以上 ●燃烧能力 ^(注1) 20L/時以上 鉛の二次精錬の用に供する溶解炉： ●燃烧能力 ^(注1) 10L/時以上 ●変圧器定格容量 40kVA 以上 亜鉛の回収の用に供する焙焼炉、焼結炉、溶鋳炉、溶解炉及び乾燥炉： ●原料処理能力 0.5t/時以上
		鉛又は亜鉛	
	二次 施設	銅、鉛又は亜鉛	
		工業金	

(注1) バーナーの燃料の燃烧能力を重油換算で表したもの

（2）排出基準値

- 表 18 のとおり、製造する非鉄金属の種類別に、新設/既設に分けて基準値が設定されている。

表 18 水銀排出施設の種類及び排出基準（規則 別表第三の三）

水俣条約の 附属書D	大気汚染防止法の 水銀排出施設		排出基準 ^(注1) ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	
			新規 施設	既存 施設 ^(注2)
非鉄金属（銅、鉛、 亜鉛及び工業金）製 造に用いられる精錬 及び焙焼の工程	一次施設	銅又は工業金	15	30
		鉛又は亜鉛	30	50
	二次施設	銅、鉛又は亜鉛	100	400
		工業金	30	50

(注1) 既存施設であっても、水銀排出量の増加を伴う大幅な改修（施設規模が5割以上増加する構造変更）をした場合は、新規施設の排出基準が適用。

(注2) 施行日において現に設置されている施設（設置の工事が着手されているものを含む。）

(3) 施設数

表 19 水銀排出施設の施設数（非鉄金属製造施設）※令和5年3月末時点

水俣条約の 附属書D	大気汚染防止法の 水銀排出施設		施設数 (うち、新規施設)
非鉄金属（銅、鉛、 亜鉛及び工業金）製 造に用いられる精錬 及び焙焼の工程	一次施設	銅	35 (0)
		工業金	0 (0)
		鉛	4 (0)
		亜鉛	6 (0)
	二次施設	銅	24 (4)
		鉛	43 (0)
		亜鉛	38 (1)
		工業金	0 (0)

3.2.排出状況

- 施設ごとの測定結果について、平成30年度～令和4年度までの測定結果1回分ごとにプロットした。
- また、令和3年度の施設ごとの年間排出量を第2軸（オレンジ色棒グラフ）で示した。
 ※水銀濃度と排出量で、測定期間が異なる（水銀濃度：平成30年度～令和4年度、排出量：令和3年度）ため、必ずしも水銀濃度と排出量が連動した結果となっていないことに留意が必要である。

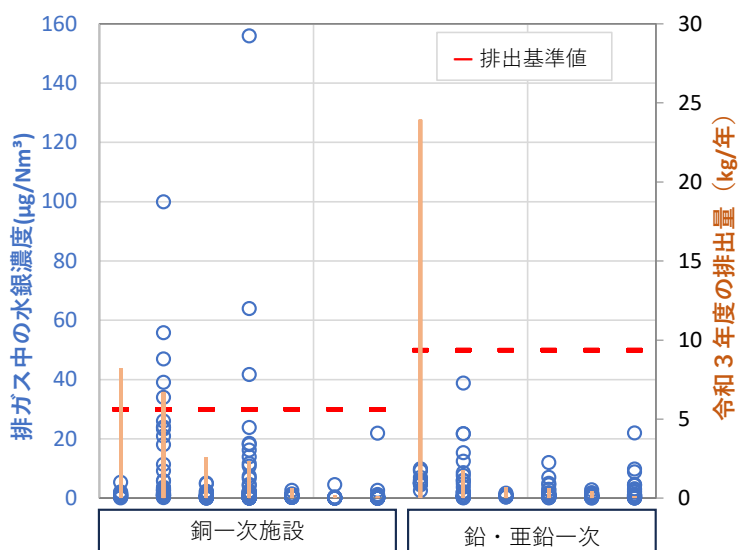


図 55 施設ごとの平成30年度～令和4年度の排ガス中水銀濃度と令和3年度の水銀排出量（非鉄一次施設）

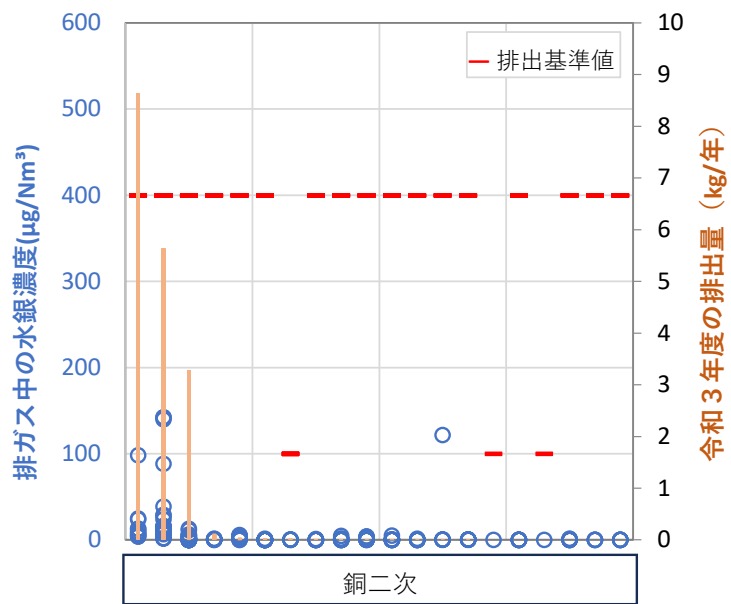


図 56 施設ごとの平成 30 年度～令和 4 年度の排ガス中水銀濃度と
令和 3 年度の水銀排出量（銅二次施設）

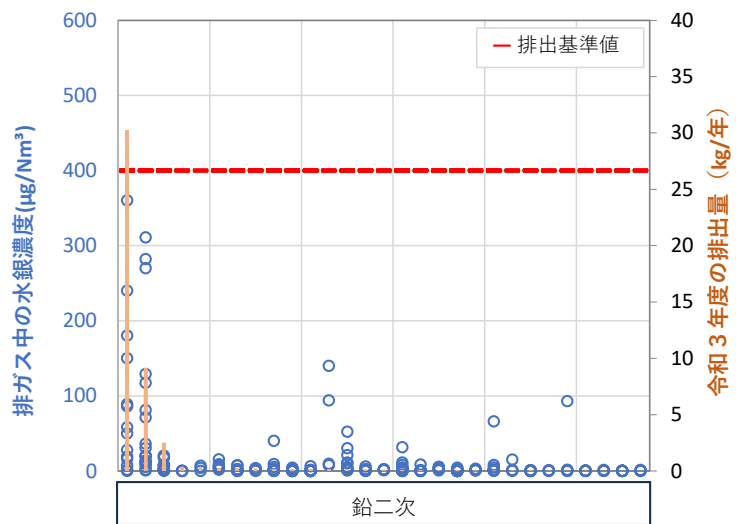


図 57 施設ごとの平成 30 年度～令和 4 年度の排ガス中水銀濃度と
令和 3 年度の水銀排出量（鉛二次施設）

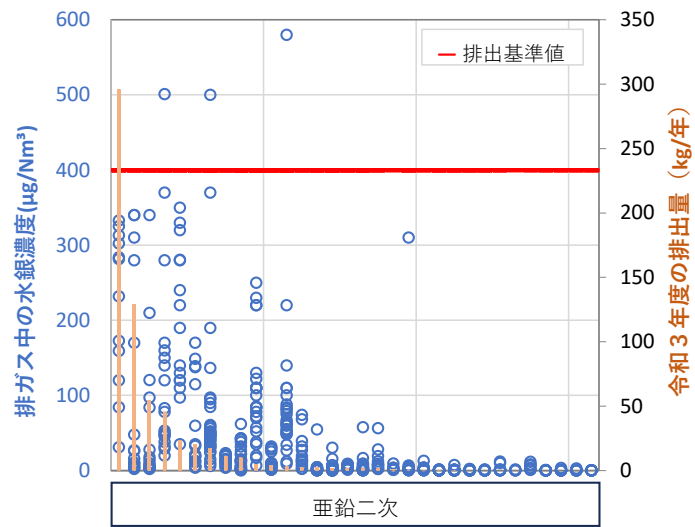


図 58 施設ごとの平成 30 年度～令和 4 年度の排ガス中水銀濃度と
令和 3 年度の水銀排出量（亜鉛二次施設）

4. セメントクリンカーの製造施設（石灰石中水銀含有量による特例措置について）

4.1. 特例措置の概要（規則 附則第2条）

セメント製造施設において、主原料である石灰石の水銀含有量が、0.05mg/kg 以上であって、その低減が困難と認められる場合には、特例として、排出基準を 80 μ g/N m³から 140 μ g/N m³に緩和した基準を適用する。

① 石灰石に係る経過措置の適用

石灰石中の水銀含有量を以下の手順により測定し、その値が単月において 0.05mg/kg 以上の場合は、測定結果及び原料とする石灰石の変更が困難な理由を明記した書面等を都道府県知事等に届け出る。

ア クリンカー製造ラインに投入される石灰石から1ヶ月間に複数回（上旬、中旬、下旬など）に分けて試料を採取し、粉碎・混合した後、縮分により調製し、測定用試料とする。

イ 測定用試料を「還元気化原子吸光分析法」、「加熱気化原子吸光分析法」等により分析して水銀含有量を求め、採取月の石灰石中の水銀含有量とする。

※毎月、ア及びイにより石灰石中の水銀含有量を測定し、分析データ等の測定結果に関する資料を3年間保存し、都道府県知事等からの求めがある場合は提示する。

② 石灰石に係る経過措置の適用の解除

水銀含有量が多い石灰石を原料に使用していた場合、施設の特性上、排出ガス中の水銀濃度が低下するまでには一定の期間を要することから、連続した4か月間の石灰石中の水銀含有量がいずれも 0.05mg/kg 未満となった場合に、石灰石に係る経過措置を解除する。また、その場合には、事業者は速やかにその旨を都道府県知事等に届け出る。

4.2.石灰石特例措置に関する現状

(1) 対象施設数の推移

- 石灰石中水銀含有量による特例措置が適用されている施設数の推移は表 20 のとおり。
- 石灰石中水銀濃度と排ガス中水銀濃度の関係は図 59 のとおり。

表 20 石灰石に係る経過措置の適用施設数の推移

種類	平成 30 年度	令和元年度	令和 2 年度	令和 3 年度	令和 4 年度
下記以外の施設	45	45	45	44	39
石灰石に係る経過措置の適用施設	5	5	5	4	9
合計	50	50	50	48	48

注：平成 30 年度～令和 3 年度は経過措置が適用されていると報告があった施設のみで集計しているため、実際の施設数と異なる可能性がある。

(2) 石灰石中水銀濃度と排ガス中水銀濃度の関係

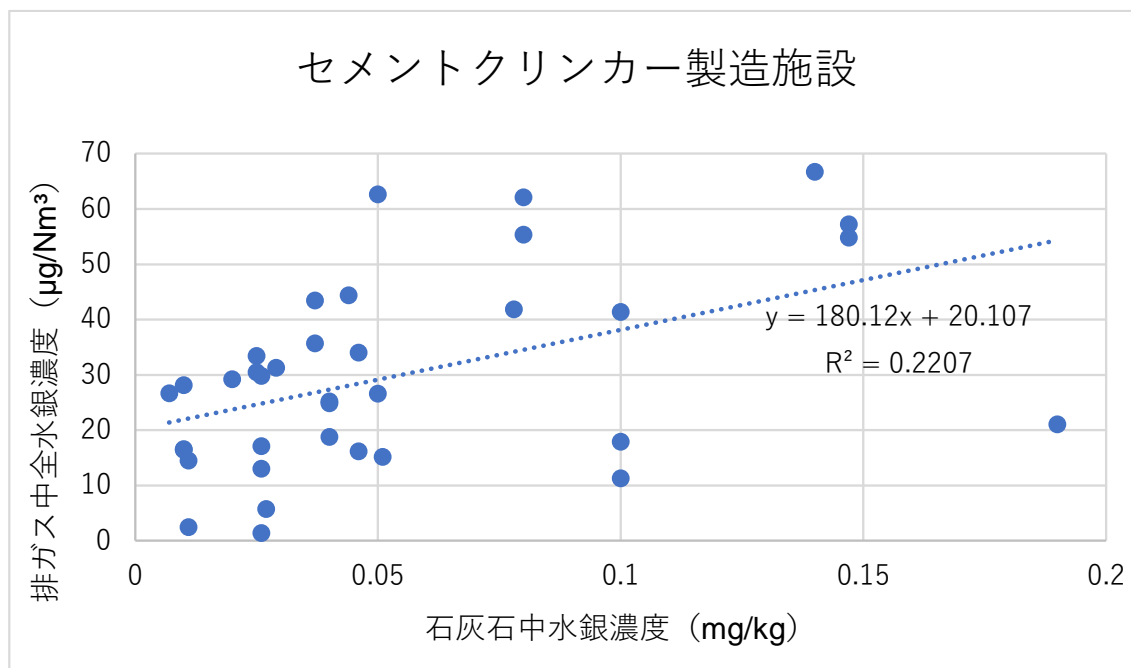


図 59 石灰石中水銀濃度と排ガス中水銀濃度の関係

※排ガス中全水銀濃度は、各施設の 5 年分（平成 30 年度～令和 4 年度）の測定結果（再測定を含む）の平均値を使用。石灰石中水銀濃度は届出に記載の値を使用。

出典：中央環境審議会 大気・騒音振動部会 大気排出基準等専門委員会（第 12 回）資料 1 別紙

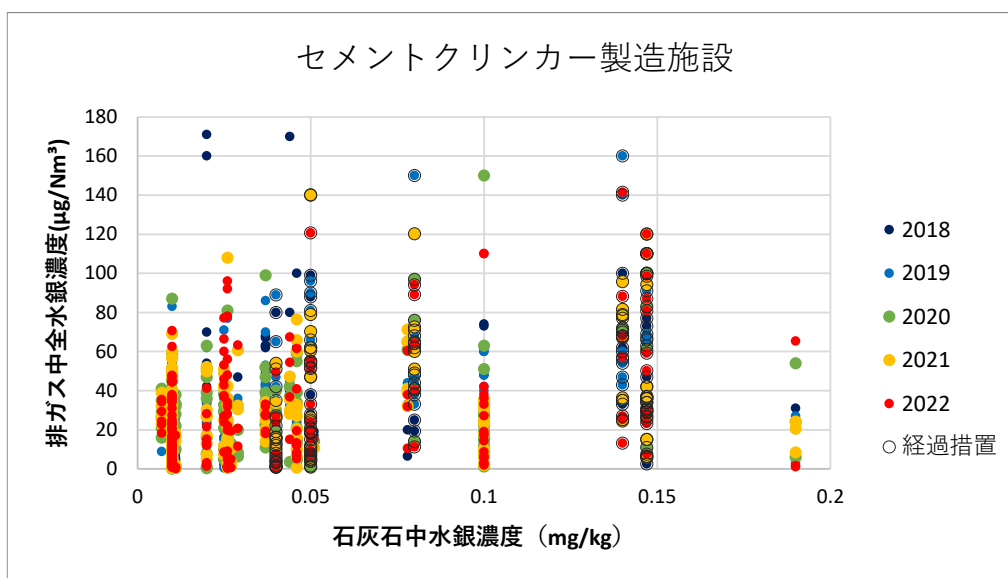


図 60 石灰石中水銀濃度と排ガス中水銀濃度の関係

※排ガス中全水銀濃度は、各施設の 5 年分（平成 30 年度～令和 4 年度）の各測定値を使用（再測定の結果を含む）。石灰石中水銀濃度は令和 4 年度時点で届出に記載の値を使用。

表 21 石灰石の水銀含有量別の排ガス中水銀濃度

石灰石の水銀含有量	データ数	排ガス中水銀濃度 ($\mu\text{g}/\text{N m}^3$)		
		範囲 (算術平均)	幾何平均	対数標準偏差
0.05mg/kg 未満	883	0.12~171 (21)	12	3.0
0.05mg/kg 以上	286	0.84~160 (42)	27	3.7
全体	1,169	0.12~171 (26)	14	3.7

※排ガス中全水銀濃度は、各施設の 5 年分（平成 30 年度～令和 4 年度）の測定結果（再測定を含む）を使用。石灰石中水銀濃度は令和 4 年度時点で届出に記載の値を使用。

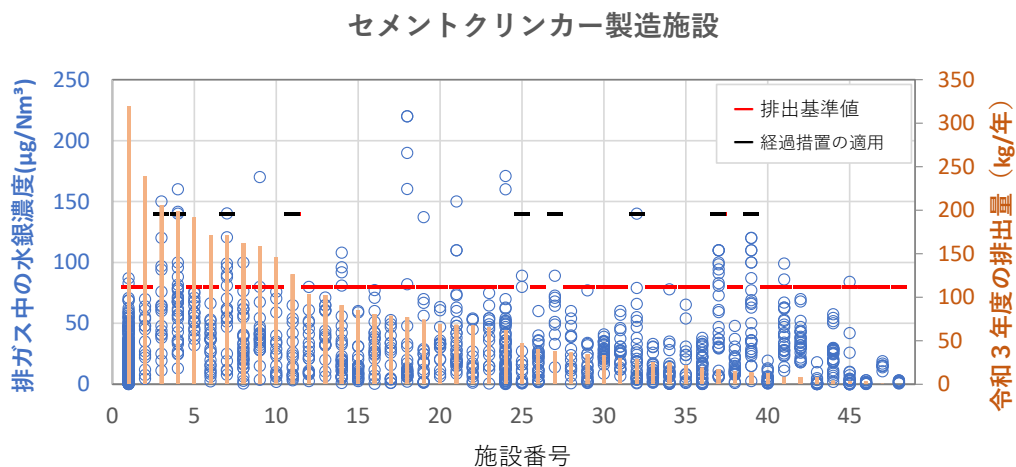


図 61 施設ごとの平成 30 年度～令和 4 年度の排ガス中水銀濃度と
令和 3 年度の水銀排出量（セメント製造施設）

表 22 （参考）大気汚染防止法制定時の排ガス状況

石灰石の水銀含有量	測定法の種類	施設数 (データ数)	水銀濃度 (µg/Nm ³)		
			範囲(算術平均)	幾何 平均値	対数 標準偏差
0.05 mg/kg 未満	環境省法	33 (57)	0.9～200 (34)	19	3.1
	環境省法以外	33 (200)	0.2～220 (30)	16	4.2
0.05 mg/kg 以上	環境省法	15 (41)	2.1～260 (63)	42	2.7
	環境省法以外	17 (80)	1.4～200 (61)	47	2.3
全体	環境省法	48 (98)	0.9～260 (46)	27	3.1
	環境省法以外	50 (280)	0.2～220 (39)	21	4.0

出典：中央環境審議会, 水銀に関する水俣条約を踏まえた水銀大気排出対策の実施について
(第一次答申), 平成 28 年 6 月

5. 地方公共団体に対するヒアリング調査結果（令和4年度）

令和4年度調査において、基準超過施設や水銀排出施設の数や種類が多い4つの地方公共団体を対象として、水銀排出施設の設置者に対する指導状況や大気排出抑制のための取組みに関するヒアリング調査を実施。調査結果の概要は以下のとおり。

表 23 水銀排出施設の設置に関する事項

	ヒアリング事項	回答
①	適応される排出基準値（既設・新設）の把握状況	・届出様式に記載のある設置年月日や施設設置時の聞き取りにより判別。
②	石炭燃焼ボイラー（石炭火力発電所/産業用石炭燃焼ボイラー）、廃棄物焼却施設（一般廃棄物/産業廃棄物/下水汚泥）種類の判別方法	・水銀排出施設の届出や廃掃法の届出に記載されている内容から判別。
③	水銀排出施設の設置に関する事業者からの問合せ事例	・セメント製造用に供する焼成炉に適応される特例措置に関する問合せ。 ・原燃料変更に伴う届出に関する問合せ。
④	施設設置変更届出の届出状況	・燃料種の変更 ・原材料中の水銀含有割合の届出 ・構造変更 ・排ガス処理方法の変更
⑤	要排出抑制施設に対する自治体からの取り組み状況	・自治体からの取り組みはいずれの自治体でも特に実施していない。 ・該当する施設を把握していない自治体もある。
⑥	中核市に移行となった施設についての事務手続き方法	・大気行政だけでなく権限が移行する事項を抽出し、該当の文書やデータを県から市へ引き渡した。

表 24 水銀測定結果の報告（大気汚染防止法施行規則の様式第7の2）に関する事項

	ヒアリング事項	回答
①	事業者からの毎年度の測定結果収集方法（アンケート形式、報告徴収）	<自治体により様々な方法で情報を収集> ・郵送で紙媒体の様式を配付・収集。様式はHPからも入手可能。事業者のメールアドレスを把握していないため、現時点で電子媒体での収集は難しい。 ・Excelの入力様式をメールにて配布・収集。水銀

	ヒアリング事項	回答
		<p>排出施設は、比較的大規模な事業者が多いため、電子媒体のやり取りでも対応可能であった。様式は近隣自治体と情報共有し作成した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・郵送で紙媒体の様式を配付。様式はHPからも入手可能。事業者は、メール、FAX、持参、郵送のいずれかの方法で提出。自治体では、独自に構築した集計システム上に保管しデータベース化している。 ・郵送及びメールで様式を配付。全事業者が郵送にて回答。うち、6割程度の事業所については、提出資料が多いため、一部分の郵送提出に加えて、追加資料を電子メールで提出。
②	電気事業法、鉱山保安法対象の事業者からの情報収集方法	<ul style="list-style-type: none"> ・経済産業省からの通知（書面）により情報収集している。また、出先機関の立ち入り調査からも情報収集することがある。
③	水銀測定結果の報告効率化に向けての要望(事業者からの要望含む)	<ul style="list-style-type: none"> ・提供依頼から報告締切日までの時間的余裕が欲しい。 ・国のプラットフォームに事業者が直接報告し、その結果を自治体でも確認できるようなシステムが構築されると全体として負担が減ると考える。 ・環境省へ報告する際に手間とならない入力フォーマットを環境省から配布するだけでも効率化につながると思う。

表 25 基準超過時の対応

	ヒアリング事項	回答
①	基準超過を把握するタイミング（基準超過時に事業者から報告、(2)の測定結果の報告の時等）	<ul style="list-style-type: none"> ・(2)の測定結果の情報収集時 ・事業者が基準超過を把握したタイミング（速報値）で報告を受けている。 ・基準超過時の事業者からの連絡、(2)の測定結果の情報収集時、立入検査時
②	再測定実施期日の確認状況（※排出基準の1.5倍を超える濃度の場合は30日以内、それ以外は、60日以内に再測定を実施する必要	<ul style="list-style-type: none"> ・(2)の測定結果の情報収集時 ・基準超過の報告を受けた時点で、再測定実施期日を知らせている。

	ヒアリング事項	回答
	がある。)	
③	基準超過時の広報等の実施状況	<ul style="list-style-type: none"> ・いずれの自治体でも広報事例なし。 ・今後、基準超過事例が発生した場合には、基準超過時の濃度等を加味し、人の健康の保護や生活環境の保全への支障が懸念される場合に報道提供を行うなど、臨機応変に対応していきたい。 ・県の内規により、事業者の自主測定による広報は原則行っていない。
④	水銀排出施設への立入検査や指導の実施状況	<ul style="list-style-type: none"> ・年間の立入検査計画を作成し、ばい煙等の大気汚染防止法関連施設への立入検査と併せて実施。1施設あたり約1～3年に1回のペースで実施している。 ・毎年ほぼすべての自治体へ立入検査を実施している自治体や法施行前に一度すべての施設へ立入検査を実施した自治体もあり。 ・行政検査（排ガス測定）を実施している自治体もあり。

表 26 その他

	ヒアリング事項	回答
①	(1)～(3)の対応事項に関するマニュアル等の有無	<ul style="list-style-type: none"> ・水銀に限定したマニュアルを作成している自治体はないが、大防法全般の届出や立ち入り検査のマニュアルについてはすべての自治体で作成している。
②	廃棄物となる水銀使用製品(水銀電池、水銀体温計等)の分別方法	<ul style="list-style-type: none"> ・水銀使用製品の廃棄について、自治体独自のパンフレットやHPを作成している事例がある。
③	水銀大気排出に関する市民からの問合せ事例	<ul style="list-style-type: none"> ・いずれの自治体でも事例なし。
④	住民等とのリスクコミュニケーションを目的としたセミナー等の取り組み事例(市民向け、事業者向け)	<ul style="list-style-type: none"> ・他の大防法関連説明会等において、水銀にも言及している程度。 ・平成29年度に事業者向けに改正大防法施行の説明会を開催。 ・環境省作成の水銀に係るパンフレット配布 ・廃棄物の分別等の情報についてHPで周知

	ヒアリング事項	回答
⑤	テレメーター等を活用したNO _x やSO _x 等の連続測定結果の自動集積事例及び水銀の連続測定が可能となった場合の自動集積システムの必要性。	<ul style="list-style-type: none"> ・NO_x・SO_xの連続測定結果を自動集積するテレメーターシステムについては、実施している自治体が多い。 ・水銀については、ほとんどの自治体で必要性を特に感じていない。
⑥	令和3年度送付の「水銀大気排出抑制のためのリーフレット」の活用	<ul style="list-style-type: none"> ・水銀測定結果の入力様式を送付する際に活用。 ・自治体の窓口に設置し、配布している。