

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
(第三次報告書)

令和6年9月

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

目 次

I. これまでの経緯	1
II. 今回の点検・見直しの基本的な考え方	3
III. 検討事項ごとの整理	
1. 環境政策手法の妥当性について	4
(1) 検討事項	4
(2) 現状	4
(3) 検討結果	5
2. 水銀排出施設、要排出抑制施設の追加等について	
(1) 検討事項	6
(2) 現状	6
(3) 検討結果	7
3. 排出基準の見直しについて	
(1) 検討事項	8
(2) 現状	8
(3) 検討結果	15
4. 排出ガス中水銀の測定方法・測定頻度の見直しについて	
(1) 検討事項	16
(2) 現状	16
(3) 検討結果	20
5. その他法令規定事項の点検	
(1) 検討事項	25
(2) 現状	25
(3) 検討結果	25
IV. 今後の課題	
1. 排出実態を踏まえた更なる対応	26
2. 技術革新等への対応	26
3. 測定方法に関する継続的な検討	26

- 参考資料 1 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
委員名簿
- 参考資料 2 審議経過
- 参考資料 3 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)
- 参考資料 4 水銀大気排出インベントリー
- 参考資料 5 諸外国の水銀規制状況

I. これまでの経緯

平成 27 年 1 月 23 日に中央環境審議会から「水銀に関する水俣条約を踏まえた今後の水銀の大気排出対策について」（以下「平成 27 年答申」という。）が答申され、その後、「大気汚染防止法の一部を改正する法律案」が平成 27 年 3 月、第 189 回国会に提出された。国会での審議を経て、大気汚染防止法の一部を改正する法律（平成 27 年 6 月 19 日法律第 41 号）が成立し、同年 6 月 19 日に公布された。

この法律により改正された大気汚染防止法（以下「改正大気汚染防止法」という。）においては、水銀に関する水俣条約（以下「水俣条約」という。）の的確かつ円滑な実施を確保するために、水銀排出者¹に対し、排出基準の遵守、水銀濃度の測定等を義務付けている。また、排出基準については、「水銀等²の大気中への排出の削減に関する技術水準及び経済性を勘案し、その排出が可能な限り削減されるよう、水銀排出施設の排出口から大気中に排出される排出物に含まれる水銀等の量（以下「水銀濃度」という。）について、施設の種類及び規模ごとの許容限度として、環境省令で定める。」と規定されている。さらに、水銀排出施設以外で水銀等の排出量が相当程度多い施設であって、その排出を抑制することが適当である施設を要排出抑制施設と位置付け、自主的取組を求めていくことを規定している。

平成 27 年 11 月 11 日には、大気汚染防止法施行令の一部を改正する政令が公布され、水銀排出施設は、「水俣条約附属書 D³に掲げる施設又は同附属書 D に掲げる工程を行う施設のうち、水俣条約第 8 条第 2 項 (b) の基準⁴として環境省令で定める基準に該当するもの」とされた。

さらに、水銀排出施設の種類及び規模ごとの具体的な排出基準値、測定方法並びに排出抑制に係る自主的取組の状況の把握・評価の在り方等について定める必要が生じたことから、平成 27 年 12 月 18 日、中央環境審議会に「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」が諮問され、同年 12 月 21 日、大気・騒音振動部会に付議された。このための検討を行うべく、平成

¹ 水銀排出者とは水銀排出施設から水銀等を大気中に排出する者をいう。（改正大気汚染防止法第 18 条の 28）

² 水銀等とは、水銀及びその化合物をいう。（改正大気汚染防止法第 2 条第 12 項）

³ 水俣条約附属書 D では、5 分類（石炭火力発電所、産業用石炭燃焼ボイラー、非鉄金属製造に用いられる製錬及びばい焼の工程、廃棄物焼却設備、セメントクリンカー製造設備）に該当する施設とされている。

⁴ 水俣条約第 8 条第 2 項 (b) の基準とは、「締約国は、選択により、附属書 D に掲げる発生源の分類の対象となる発生源を特定するための基準を定めることができる。ただし、分類に関する基準が当該分類からの排出量の少なくとも 75%を含む場合に限る。」により規定される規制対象施設を定めるに当たって満たすべき水準を示す。

28 年 1 月 6 日、大気・騒音振動部会に大気排出基準等専門委員会（以下「専門委員会」という。）が設置された。

平成 28 年 1 月以降、専門委員会における検討及び大気・騒音振動部会における審議を経て、水銀排出施設の種類や規模、排出基準、要排出抑制施設の種類、排出ガス中の水銀等の測定方法について、同年 6 月 14 日に「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）」（以下「平成 28 年第一次答申」という。）が取りまとめられた。この平成 28 年第一次答申を踏まえ、同年 9 月 7 日には、大気汚染防止法施行令の一部を改正する政令が公布され、要排出抑制施設の対象施設が規定された。同年 9 月 26 日には、大気汚染防止法施行規則の一部を改正する省令が公布され、水銀排出施設の種類や規模、排出基準等が規定されるとともに、排出ガス中の水銀測定法も告示された。

また、平成 28 年 10 月以降、引き続き専門委員会における検討及び大気・騒音振動部会における審議を経て要排出抑制施設に係る自主的取組の状況のフォローアップの在り方について、平成 29 年 5 月に「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（第二次答申）」（以下「平成 29 年第二次答申」という。）が取りまとめられた。

これらを経て、平成 30 年 4 月 1 日に改正大気汚染防止法が施行され、毎年、水銀排出施設の届出状況、測定結果や、要排出抑制施設の自主的取組のフォローアップ等を専門委員会で行ってきたところであるが、このたび、改正大気汚染防止法が施行されて 5 年を経過したことから、施行状況に応じた制度の点検・見直しを行った。

II. 今回の点検・見直しの基本的な考え方

平成 30 年に水銀に関する改正大気汚染防止法が施行された後、脱炭素社会やデジタル社会の実現に向けた取組の推進などへの対応が求められる 5 年が経過した。

今回の点検・見直しにあたっては、中央環境審議会からの平成 27 年答申及び平成 28 年第一次答申の以下の基本的な考え方を踏襲し、水銀排出施設や排出基準等の検討を進める。

○水俣条約の趣旨に鑑み、水銀等の大気中への排出の削減に関する技術水準及び経済性を勘案し、水銀等の大気排出量をできる限り抑制する。

○水銀排出施設の分類は、水銀等がばい煙の発生過程と同様、原料、燃料又は焼却対象物への加熱に伴い発生することから、原則、大気汚染防止法のばい煙発生施設のうち水俣条約の対象施設に該当するものを踏襲する。

○要排出抑制施設については、国内における主要発生源ごとの水銀大気排出インベントリーの推計結果により、規制対象施設分類の排出量と同等程度の排出量が確認される施設について検討を行い、必要に応じて追加を行う。

○水銀の排出基準の設定にあたっては、平成 27 年答申と同様、以下の考え方を踏まえたものとする。

- ・水銀濃度には、一定の変動があること及び水俣条約の趣旨を踏まえ、平常時における排出口からの水銀等の平均的な排出状況を捉えた濃度規制とする。

- ・排出基準は、ばい煙排出規制における排出基準のように環境基準等の環境上の目標の維持達成を目指す観点から設定されるものではなく、水俣条約第 8 条第 4 項を踏まえ、「利用可能な最良の技術に適合」した値とする。

- ・排出基準は、経済的かつ技術的考慮を払いつつ、排出源分類ごとの排出状況や最新の科学的知見について十分に調査・検討を行い、これらを勘案した上で、現実的に排出抑制が可能な基準とする。

- ・排出基準の値は、平常時に対象施設で達成されるべき値として設定する。

また、今回の点検・見直しを行うにあたり、以下の点を新たに考慮することとする。

○排出ガス中水銀の測定方法の見直しにあたり、連続測定は、水銀濃度の変動を迅速にとらえて年間排出量を把握できる点において優れていること、また、測定の対象外である粒子状水銀の省略要件を満たす施設が一定の割合で確認されていることから、一定の測定精度を確認した上で導入を検討する。

III. 検討事項ごとの整理

水銀に関する改正大気汚染防止法の施行から5年が経過し、施行状況に応じた制度見直しに向けて、今後の水銀大気排出対策について、以下の5つの検討事項について、(1) 検討事項、(2) 現状について整理し、(3) 検討結果をとりまとめた。

1. 環境政策手法の妥当性について

(1) 検討事項

水銀大気排出規制については、水俣条約第8条第2項(b)の規定に基づき、附属書Dに掲げられている5分類(石炭火力発電所、産業用石炭燃焼ボイラー、非鉄金属製造に用いられる製錬及びばい焼の工程、廃棄物の焼却設備、セメントクリンカー製造設備)に該当する施設は、水銀排出施設として排出規制の対象としている。

他方、附属書Dには掲げられていない施設のうち、鉄鋼製造施設のように附属書D対象施設と同等に水銀を相当程度排出している施設については、要排出抑制施設として自主的取組を求める規定を設けている。

改正大気汚染防止法施行後5年を経過したことを受け、以下の点について見直し検討を行う。

- ・水銀排出施設に対する規制及び要排出抑制施設に対する自主的取組の在り方
- ・要排出抑制施設のフォローアップの在り方

(2) 現状

水銀排出施設を設置する事業者から、地方公共団体に対して必要な届出や水銀濃度の測定結果の年度ごとの報告が行われており、令和4年度の水銀濃度の測定結果についてデータ提供があった施設数は全3,682施設のうち99.7%であった。

また、毎年、全ての地方公共団体において、定期的な立入検査や排出基準の超過施設に対する行政指導が行われているが、この5年間では改善命令等の行政処分や罰則が適用された事案は確認されていない。

要排出抑制施設については、平成30年度以降、本専門委員会に加え、経済産業省が開催する産業構造審議会 産業技術環境分科会 産業環境対策小委員会において取組内容の報告が毎年実施され、水銀濃度の測定結果は自主管理の基準値以下であることが確認されている。

要排出抑制施設の自主的取組に対しては、専門委員会からの助言事項が以下の視点でとりまとめられ、環境省のホームページで公表するとともに、業界団体を通

104 じて事業者提供されている。

105 <評価の視点>

106 ① 自主管理基準の設定状況（新規設定及び見直し時に評価を行う）

107 ② 排出抑制措置の実施状況

108 ③ 自主管理基準の達成状況及び評価・公表の実施状況

109 なお、令和4年度、排出基準の超過事案、水銀排出施設の数や種類が多い4つの
110 地方公共団体を対象とし、水銀排出施設の設置者に対する指導状況や大気排出抑
111 制のための取組に関するヒアリング調査を実施したが、現行制度の見直しを求め
112 る意見は確認されなかった。

(3) 検討結果

113 水銀排出施設に対する規制は着実に遂行されており、要排出抑制施設において
114 も自主的取組とそのフォローアップが適切に対応されていると考えられることか
115 ら、現行制度を継続することが適当である。

116 また、要排出抑制施設のフォローアップについても、専門委員会と経済産業省が
117 開催する産業構造審議会 産業技術環境分科会 産業環境対策小委員会において毎
118 年確認されており、専門委員会としてとりまとめられた助言事項に対しても業界
119 団体により適切な対応がとられている。以上を踏まえ、現行制度を継続することが
120 適当である。

2. 水銀排出施設、要排出抑制施設の追加等について

(1) 検討事項

121 水銀に関する大気汚染防止法の改正が検討された当時は「実用化されて間もな
122 い発電技術であることから、現時点では規制対象とはせず、今後、排出実態を把握
123 した上で、水銀排出施設としての追加について検討すべき」とされた石炭ガス化複
124 合発電施設（以下「IGCC 施設」という。）の水銀排出施設への追加や、水銀排出施
125 設と同等程度に水銀排出量が多い施設の要排出抑制施設への追加を中心に見直し
126 検討を行う。

(2) 現状

127 水銀排出施設として規定される「条約附属書Dに掲げる施設又は同附属書Dに
128 掲げる工程を行う施設」については、水俣条約締約国会議等において見直しや変更
129 はない。

130 また、平成 28 年第一次答申において、排出実態が十分に把握できなかったため
131 に水銀排出施設に含めなかった IGCC 施設については、その施設を設置する事業者
132 に対し、水銀大気排出の実態に関するヒアリング調査やデータ収集等を継続して
133 実施した。

134 また、水銀大気排出インベントリー（参考資料 4参照）において、水俣条約附属
135 書D発生源で最も排出量が少ない「産業用石炭燃焼ボイラー」より水銀排出量が多
136 い発生源として、要排出抑制施設以外の発生源では、「フェロアロイ製造施設」や
137 「石油精製施設」、「火葬」、「カーボンブラック製造施設」、「運輸」などが確認され
138 た。このうち、「カーボンブラック製造施設」については、令和 5 年度に国内施設
139 において排ガス中水銀の実測調査を実施し、現在の排出係数を更新する予定であ
140 る。

141 なお、2022 年にフェロニッケルメーカー 3 社が自主的に測定したデータによる
142 と、排ガス中の水銀濃度は環境省の測定結果の 1/3～1/20 であり、この結果を用
143 いると排出量は大幅に減少する。

144 さらに、2050 年カーボンニュートラルの実現に向けた取組のうち、バイオマス
145 燃焼施設や地熱発電については、水銀の大気排出量が増加する可能性があること
146 が過年度の文献調査において判明したため、引き続き調査等を実施し、排出量の推
147 計・精緻化に向けた調査を進めている。

148

(3) 検討結果

IGCC 施設については、商業用炉として稼働する実施設で得られたデータについても定格出力でない等、運用実態を網羅的に把握できているとは言い難い状況であり、今後の運用（炭種等）によって変動する可能性があることに留意が必要である。しかし、データは限られている中でも、IGCC 施設は商業用炉として稼働しており、石炭火力同様に石炭を燃料とする施設であることを踏まえると、水銀排出施設として追加区分を新たに設定し、排出基準値は従来型の石炭火力発電所と同値とすることが適当である。また、排出基準を適用するにあたっては、IGCC 施設がばい煙発生施設のガスタービンに該当することから、標準酸素濃度を 16% とすることが適当である。（参考資料 3 参照）

IGCC 施設については、国内に数施設しか存在しておらず、施設の違いが排ガス中水銀濃度へと与える影響は明らかになっていないものの、IGCC 施設に関する利用可能な最良の技術としては、工程内に内包している燃料ガス精製設備とすることが適当である。

なお、IGCC 施設は従来型の石炭火力では利用できない石炭を利用できる等の特徴を有するものの、前述のとおり運用実態を網羅的に把握できていないことから、今後の IGCC 施設の運用実態を踏まえて、必要に応じて適宜、見直しを行う可能性があることに留意すべきである。

また、条約附属書 D に掲げる施設又は同附属書 D に掲げる工程を行う施設については、水俣条約締約国会議等で見直しや変更がないことから、IGCC 施設以外の水銀排出施設への追加は行わないことが適当である。

一方、フェロアロイ製造施設など、水銀大気排出インベントリーにおいて一定の排出が確認されるその他の発生源については、今後、実測調査等で得られる水銀濃度等の情報を元に排出実態を把握し、インベントリーに与える影響等について引き続き検討を行い、要排出抑制施設としての追加の要否を検討することが適当である。（参考資料 3 参照）

<例>

カーボンブラック製造施設：令和 5 年度の実態調査結果から排出量を推計

フェロアロイ製造施設：排ガス中の水銀濃度を測定し、排出係数を精緻化

バイオマス燃焼施設：排ガス中の水銀濃度を測定し、排出係数を精緻化

地熱発電施設：大気への水銀排出実態を把握するために、まずはヒアリング

調査等で、施設概要、業界動向等を把握

3. 排出基準の見直しについて

(1) 検討事項

水俣条約では、条約締結国が取り組むべき大気排出対策として、「利用可能な最良の技術（以下「BAT」という。）」及び「環境のための最良の慣行（以下「BEP」という。）」を義務づけている。

大気汚染防止法の水銀に関する排出基準は、ばい煙排出規制における排出基準のように環境基準等の環境上の目標の維持達成を目指す観点から設定されるものではなく、水俣条約第8条第4項を踏まえ、BAT/BEPに適合した値とし、経済的かつ技術的考慮を払いつつ、排出状況や最新の科学的知見を勘案した上で、現実的に排出抑制が可能な基準としている。

そこで、BAT/BEPや海外の排出基準の見直し状況を踏まえ、現行の排出基準の妥当性について検討を行う。特に、5年間のデータを用いた解析結果及び海外の排出基準を踏まえ、セメントクリンカー製造設備における石灰石中水銀含有量による特例措置と非鉄金属製造施設に係る基準値について検討を行う。

(2) 現状

i) 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

水銀排出施設の届出情報と平成30年度から令和4年度の5年分の測定結果を活用し、水銀排出施設の発生源種類ごとにBATを想定した解析を実施した。(参考資料3参照)

いずれの施設もBATと想定した排ガス処理施設を導入している施設において、排ガス中水銀濃度が低い傾向が確認されるとともに、この5年間で排ガス処理施設の技術に大きな変化は確認されていない。

ii) 排出基準値への適合について

これまでの排出基準超過施設の状況は表1のとおりであり、基準超過施設数は年々減少傾向にある。

また、平成30年度から令和4年度の5年分の測定結果を活用し、水銀排出施設の発生源種類ごとに、測定年度別の排ガス中水銀濃度の分布・推移と基準値の比較解析を実施したところ、多くの施設で排出基準値以下であり、排出基準を超過した施設についても、ほぼ全ての施設で再測定の結果は排出基準を遵守する結果となっており、再測定で超過と判断された施設は毎年数施設である。(参考資料3参照)

表 1 基準超過施設数の推移

水銀排出施設				基準超過施設数(うち、新規施設)				
大気汚染防止法上の区分		内訳		H30	R1	R2	R3	R4
1	小型石炭混焼ボイラー	石炭火力発電所		0(0)	0(0)	1(0)	0(0)	0(0)
		産業用石炭燃焼ボイラー		0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
2	石炭燃焼ボイラー (上記以外)	石炭専焼 ボイラー	石炭火力発電所	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
			産業用石炭燃焼ボイラー	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
		大型石炭混 焼ボイラー	石炭火力発電所	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
			産業用石炭燃焼ボイラー	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
3	非鉄金属製造 一次施設(銅、工業金)	銅		2(0)	0(0)	2(0)	1(0)	0(0)
		工業金		—	—	—	—	—
4	非鉄金属製造 一次施設(鉛、亜鉛)	鉛		0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
		亜鉛		0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
5	非鉄金属製造 二次施設(銅、鉛、亜鉛)	銅		0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
		鉛		0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
		亜鉛		1(0)	0(0)	1(0)	1(0)	0(0)
6	非鉄金属製造 二次施設(工業金)	工業金		—	—	—	—	—
7	セメントの製造の用に 供する焼成炉	下記以外の施設		5(0)	4(0)	4(0)	1(0)	3(0)
		石灰石に係る特例措置の適用施設		1(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
8	廃棄物焼却施設	一般廃棄物		65(0)	82(0)	50(0)	49(2)	38(1)
		産業廃棄物		9(0)	13(0)	9(0)	5(0)	10(1)
		下水汚泥		1(0)	2(0)	0(0)	2(0)	4(1)
9	水銀回収施設			0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
合計				83(0)	101(0)	67(0)	59(2)	55(2)

iii) BAT/BEP の観点での水銀排出抑制技術について

205 改正大気汚染防止法の施行後の最新の水銀排出抑制技術について、各業界団体
206 等にヒアリング調査を実施したところ、大きな技術的革新はないことを確認した。

207 水銀排出施設の設置届出以降に排ガス処理施設等の構造等の変更届出があった
208 施設は、平成 30 年度から令和 4 年度の 5 年間で約 40 件確認されており、活性炭
209 吹込み装置、湿式集じん機、バグフィルターの設定・変更・更新等の事例があった。
210 そのうち、既存施設における BAT から新規施設に対する BAT への更新(及び新規
211 施設に対する BAT の設置)に該当する施設が 12 件あった。それらについて、排ガ
212 ス処理施設の変更新後の排ガス濃度を比較したところ、7 件で減少傾向が、1 件で
213 若干の減少傾向が確認された。なお、8 件中 7 件は一般廃棄物焼却炉であり、1 件
214 は産業廃棄物焼却炉であった。

iv) 石灰石中水銀含有量による特例措置(セメントクリンカー製造設備)

215 セメントクリンカー製造設備は、新設 50 μ g/N m³、既設 80 μ g/N m³の排出基準が

設定されているが、主原料である石灰石の水銀含有量が 0.05mg/kg 以上であり、その低減が困難と認められる場合に限り、特例として、排出基準を 80 $\mu\text{g}/\text{N m}^3$ から 140 $\mu\text{g}/\text{N m}^3$ に緩和した基準が適用されている。

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 2 のとおりであり、令和 4 年度末時点で 9 施設に適用されている。また、5 年間の測定結果を用いて、石灰石中の水銀濃度と排ガス中の全水銀濃度の関係を解析した結果は図 1 から図 3、表 3、表 4 のとおりである。

これらの結果及び業界団体へのヒアリング結果等により、石灰石中水銀濃度が高いほど排ガス中の全水銀濃度がやや高くなる傾向が図 1 により確認される。

また、石灰石中の水銀濃度 (0.05mg/kg 以上もしくは未満) や水銀大気排出量に関わらず、突発的に高濃度の水銀が確認される事例はあるものの、改正大気汚染防止法制定時に比べ、水銀の排出を抑制する運転管理技術が向上していることもあり、排ガス中の水銀濃度の最大値は低下していることが分かる。(表 3、表 4 参照)

表 2 石灰石に係る特例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
石灰石に係る特例措置適用施設	5	5	5	4	9
上記以外の施設	45	45	45	44	39
合計	50	50	50	48	48

注：平成 30 年度から令和 3 年度は特例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。

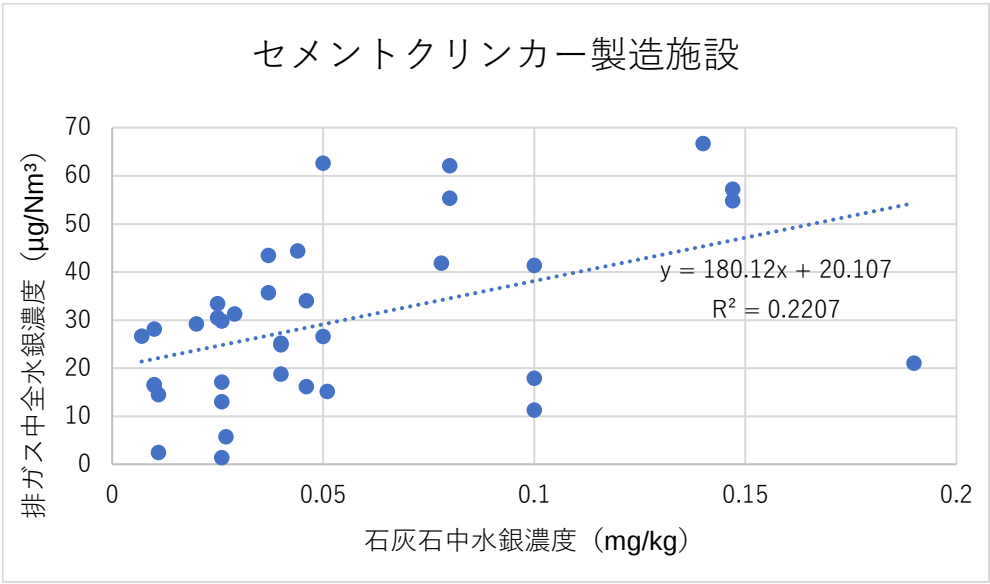


図 1 石灰石中水銀濃度と排ガス中水銀濃度の関係

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

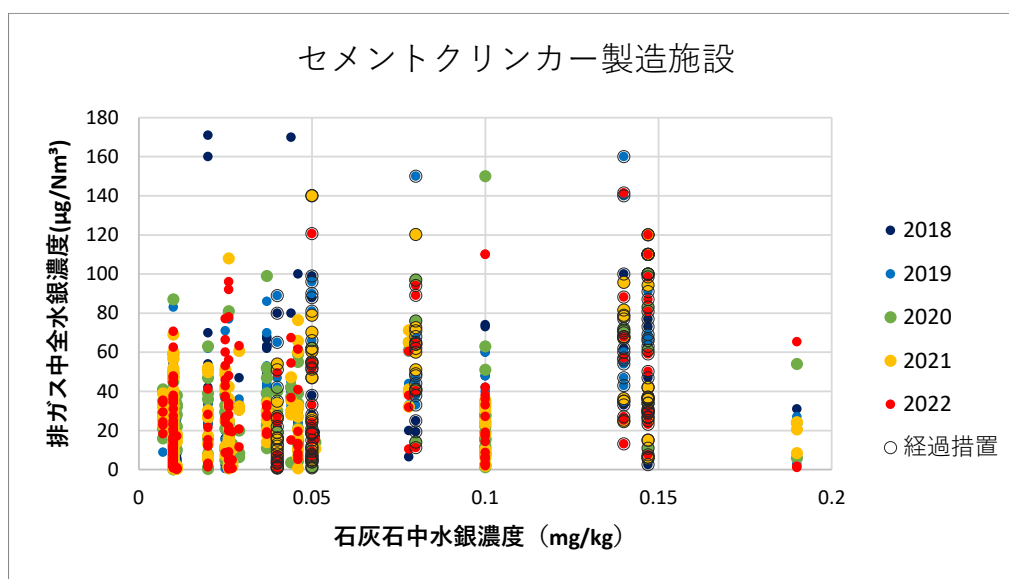


図2 石灰石中水銀濃度と排ガス中水銀濃度の関係

※排ガス中全水銀濃度は各施設の5年分（平成30年度から令和4年度）の各測定結果を使用（再測定の結果を含む）。石灰石中水銀濃度は令和4年度時点での届出値を使用。

表3 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年度から令和4年度）の各測定結果を使用（再測定の結果を含む）。石灰石中水銀濃度は令和4年度時点での届出値を使用。

表4（参考）改正大気汚染防止法制定時における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	測定法の種類	施設数 (データ数)	水銀濃度 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)		
			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

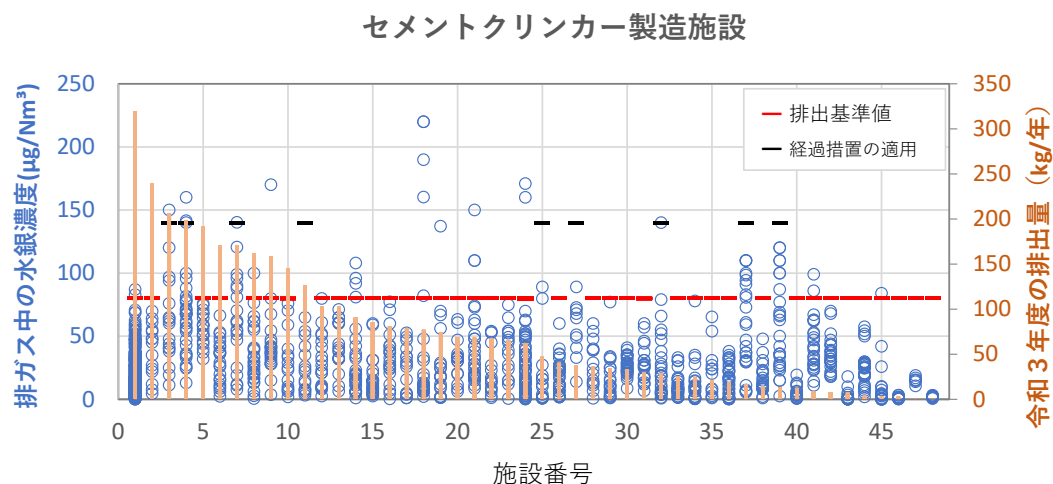


図3 施設ごとの平成30年度から令和4年度の排ガス中水銀濃度と令和3年度の水銀排出量
(セメントクリンカー製造設備)

v) 非鉄金属製造施設の排出基準見直しについて

229 非鉄金属製造施設は、製造する非鉄金属の種類別に、表5のとおり新設/既設ご
230 とに基準値が設定されており、基準が適用される施設数は表6のとおりである。

231 また、平成30年度から令和4年度までの5年間の各測定結果を施設ごとに整理
232 した結果は図4から図7のとおりである。また、令和3年度の施設ごとの年間排出
233 量を第2軸（オレンジ色棒グラフ）で示した。

234 改正大気汚染防止法制定時に比べ、水銀の排出を抑制するBAT/BEPである運転
235 管理技術が向上しており、新規施設だけでなく、既存施設においても銅の二次施設
236 では排出基準を遵守できる状況が続いている。

表5 水銀排出施設（非鉄金属製造施設）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。）

表6 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)

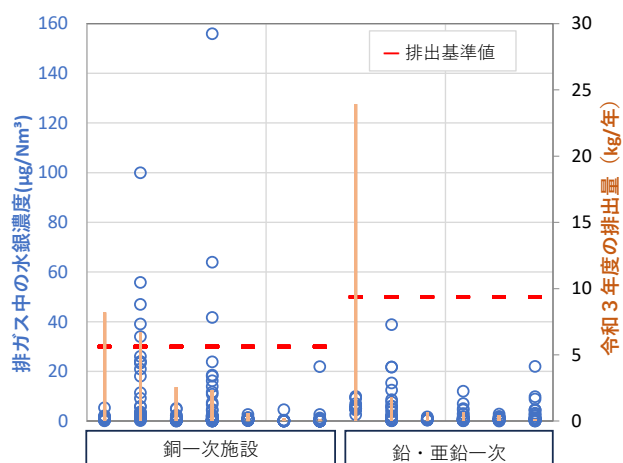


図4 施設ごとの平成30年度から令和4年度の排ガス中水銀濃度と令和3年度の水銀排出量（非鉄一次施設）

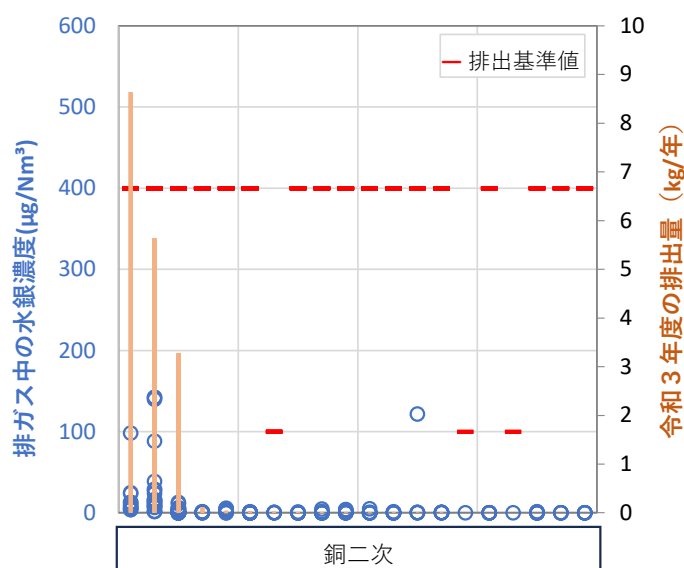


図5 施設ごとの平成30年度から令和4年度の排ガス中水銀濃度と令和3年度の水銀排出量（銅二次施設）

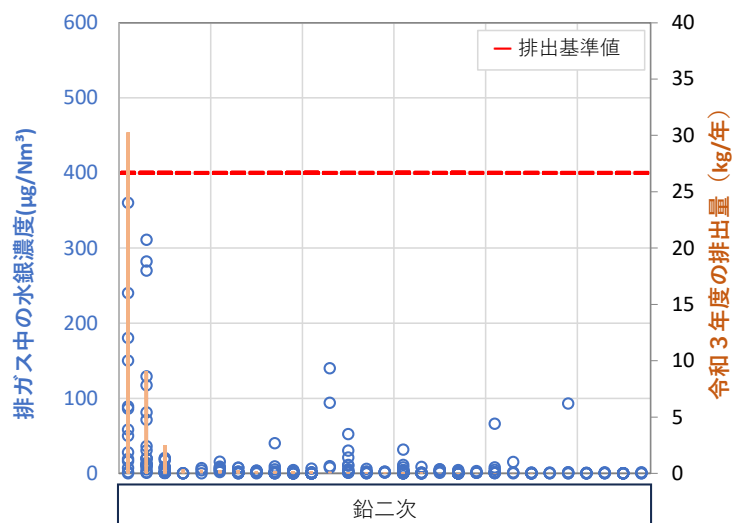


図6 施設ごとの平成30年度から令和4年度の排ガス中水銀濃度と令和3年度の水銀排出量（鉛二次施設）

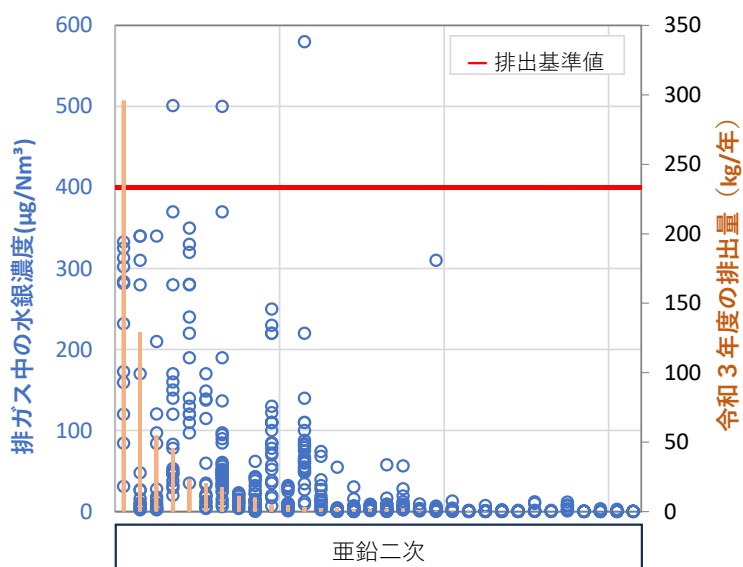


図7 施設ごとの平成30年度から令和4年度の排ガス中水銀濃度と令和3年度の水銀排出量（亜鉛二次施設）

vi) 海外の規制動向

237 海外の最新動向を把握するため、令和5年12月時点のEU、ドイツ、米国、カナ
 238 ダ、中国における水銀規制状況（排出基準、BAT、測定方法等）について整理を行
 239 った。（[参考資料5](#)参照）

240 水俣条約締約国会議第1回会合（COP1）において、「大気排出のBAT/BEPに関する
241 ガイダンス⁵」が採択されたが、それ以降、見直し等を行われていない。

（3） 検討結果

242 セメントクリンカー製造設備については、セメントクリンカーを生産するに当
243 たり、天然原料である石灰石や粘土等の他、代替原料として、石炭灰や汚泥等の産
244 業廃棄物も用いられている。我が国では廃棄物の処理という静脈産業の一翼を担
245 っており、原料に占める代替原料の割合が諸外国に比較して高い傾向にある。

246 国内のセメントの生産工程では、ばい煙の排ガス処理のため、集じん設備が設
247 置されているが、集じん設備で捕集したダストを製品に添加する“ダストシャトリ
248 ング”については、日本ではセメントのJISに規格がなく適用されていない。また、
249 捕集したダストを内部で循環させているため、既存の排ガス処理設備による水銀
250 の大気排出抑制の効果が期待できない。

251 このように、セメントクリンカー製造設備において水銀排出抑制技術がこの5
252 年間変わっていないことなどから、今回の見直しにおいては、特例措置による濃度
253 基準について、現行基準を維持することが適当である。

254 一方、非鉄金属製造施設については、業界として既存の排ガス処理施設の運転管
255 理や原材料の調製についてノウハウを蓄積するなど、積極的に5年間取り組むこ
256 とによりBAT/BEPが向上し、一部の施設では排出基準を安定して遵守できる濃度で
257 運転することが可能となった。

258 そのため、経済性を考慮しつつ現行の排出実態に鑑み、排出基準を以下の表7の
259 とおり見直しすることが適当である。

表7 水銀排出施設（非鉄金属製造施設）の排出基準見直し

大気汚染防止法の 水銀排出施設		排出基準（現行） （ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ）		排出基準（見直し） （ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ）	
		新規施設	既設施設	新規施設	既設施設
一次 施設	銅又は工業金	15	30	15	30
	鉛又は亜鉛	30	50	30	50
二次 施設	銅	100	400	50	300
	鉛又は亜鉛			50	400
	工業金	30	50	30	50

⁵ UNEP, GUIDANCE ON BEST AVAILABLE TECHNIQUES AND BEST ENVIRONMENTAL PRACTICES
(https://mercuryconvention.org/sites/default/files/2021-06/BAT_BEP_E_interractif.pdf)

4. 排出ガス中水銀の測定方法・測定頻度の見直しについて

(1) 検討事項

水銀の連続測定については、平成 28 年第一次答申において、以下のとおりとりまとめられているが、デジタル社会の実現に向け、連続測定機の開発・設置状況、粒子状水銀の省略要件の適合状況等を確認し、導入可能性について検討を行う。

(平成 28 年第一次答申抜粋)

連続測定は、水銀濃度の変動をとらえて年間排出総量を把握できる点について優れているものの、測定機の導入・維持管理にかかる事業者の負担が大きいこと、現在の測定機では粒子状水銀が測定対象外であること、及び測定範囲の下限値が $1 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (JIS K0222 (3)) 程度であるため石炭火力発電所等から排出される低濃度域の水銀濃度の測定には不向きであること等の難点がある。このため、水銀の測定方式としては、バッチ測定が適当である。

なお、今後、ガス状水銀のみの測定結果をもって全水銀の測定結果に代えることができるとした施設においては、連続測定を水銀濃度の測定方法に追加することと考えられるが、その場合にも連続測定にかかる事業者負担が過大でないこと及び定量下限値又は指示誤差が十分に低いことが前提となる。このことは、将来的に連続測定においても粒子状水銀の測定が可能となり、連続測定の測定対象が全水銀となった場合も同様である。

また、連続測定については、測定機の納入後も保守点検等による性能維持が必要となるところ、一定の測定精度を確保する観点から、保守点検等にかかる体制や実施項目(特に、二価水銀の還元装置の還元効率の性能確認)等を検討する必要がある。

(2) 現状

i) JIS B7994 (2016 年制定) の改正 (2021)

固定発生源の排ガス中のガス状水銀濃度の監視を目的に、連続的に測定するための連続測定機について、出荷時の性能の規格が規定されている。

本規格の測定原理は、排ガス中の金属水銀又は水銀化合物を還元剤で還元する方式及び原子吸光分析法に基づき、濃度範囲は $0 \sim 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ である。

2021 年の改正により、2016 年制定時の乾式分析装置に加えて湿式分析装置が追加されている。

ii) 粒子状水銀測定の省略要件を満たす施設数及び割合

改正大気汚染防止法に基づく水銀排出規制が施行された平成 30 年度以降、水銀

287 排出施設の測定結果を収集している。毎年、ほぼ 100%の測定結果を回収できてお
288 り、水銀排出施設のうち、粒子状水銀測定の省略要件を満たす施設の割合は、令和
289 4 年度時点で 70%であるが、令和 4 年度に粒子状水銀の測定を省略した施設は、省
290 略要件を満たす施設の 1.7%にとどまる。(表 8 参照)

表 8 粒子状水銀測定省略要件を満たした施設の割合

水銀排出施設				全国 施設 数	粒子状水銀測定省略 要件を 3 年間継続し て満たした施設数		測定を省略していた施設		
大防法上の区分		内訳			施設数	割合	施設数	割合	省略要件を 満たしてい る施設に対 する割合
1	小型石炭混焼ボイラー	石炭火力発電所		65	41	63%	4	6.2%	9.8%
		産業用石炭燃焼ボイラー		36	25	69%	0	0%	0%
2	石炭燃焼ボイラー （上記以外）	石炭専焼	石炭火力発電所	111	78	70%	3	2.7%	3.8%
			産業用石炭燃焼ボイラー	25	15	60%	0	0%	0%
		大 型 石 炭 混焼	石炭火力発電所	7	3	43%	0	0%	0%
			産業用石炭燃焼ボイラー	3	1	33%	0	0%	0%
3	非鉄金属製造 一次施設（銅、工業金）	銅		7	4	57%	0	0%	0%
		工業金		0	-	-	-	-	-
4	非鉄金属製造 一次施設（鉛、亜鉛）	鉛		1	1	100%	0	0%	0%
		亜鉛		5	0	0%	0	0%	-
5	非鉄金属製造 二次施設（銅、鉛、亜鉛）	銅		21	13	62%	0	0%	0%
		鉛		29	17	59%	0	0%	0%
		亜鉛		33	24	73%	1	3.0%	4.2%
6	非鉄金属製造 二次施設（工業金）	工業金		0	-	-	-	-	-
7	セメント焼成炉			48	21	44%	0	0%	0%
8	廃棄物焼却施設	一般廃棄物		1,984	1,486	75%	12	0.6%	0.8%
		産業廃棄物		1,045	672	64%	19	1.8%	2.8%
		下水汚泥		256	193	75%	4	2%	2.1%
9	水銀回収施設			6	1	17%	0	0%	0%
合計				3,682	2,595	70%	43	1.2%	1.7%

iii) 連続測定機メーカーへのヒアリング(2022)

291 国内で排出ガス中水銀の連続測定機を開発する 2 社に対してヒアリングを実施
292 した。各社が製造する機器は基本的には JIS B7994 に準拠しており、主に廃棄物
293 焼却施設に納入されている。また、数は少ないが、セメントクリンカー製造設備や
294 非鉄金属製造施設にも設置の実績がある。

295 測定機の導入・維持管理にコストはかかるが、市町村等が設置する一般廃棄物焼
296 却施設では、維持管理のために連続測定機の導入が増加している。

iv) 排出ガス中水銀の連続測定法と公定法の比較

令和5年度に水銀排出施設で連続測定機を用いた測定（以下「連続測定法」という。）と大気汚染防止法施行規則の規定に基づき定められた測定法（以下「公定法」という。）の測定を行った結果及び過去の同様の測定データを用いて解析を行った結果、連続測定法と公定法の間に、一定の相関がみられる結果となった。（図8から図14参照）

業種別に詳細を確認すると「非鉄金属製造施設」において非常に良い相関が確認された。また、廃棄物焼却施設のうち「一般廃棄物焼却施設」において告示法と連続測定法に相関が確認されたが、「石炭火力発電所」や「産業廃棄物焼却施設」では、ばらつきが多く、相関が確認されない結果となった。

近似線の傾きに偏りがある施設もあるが、非鉄金属製造施設や一般廃棄物焼却施設においては、連続測定機の導入可能性が示唆された。

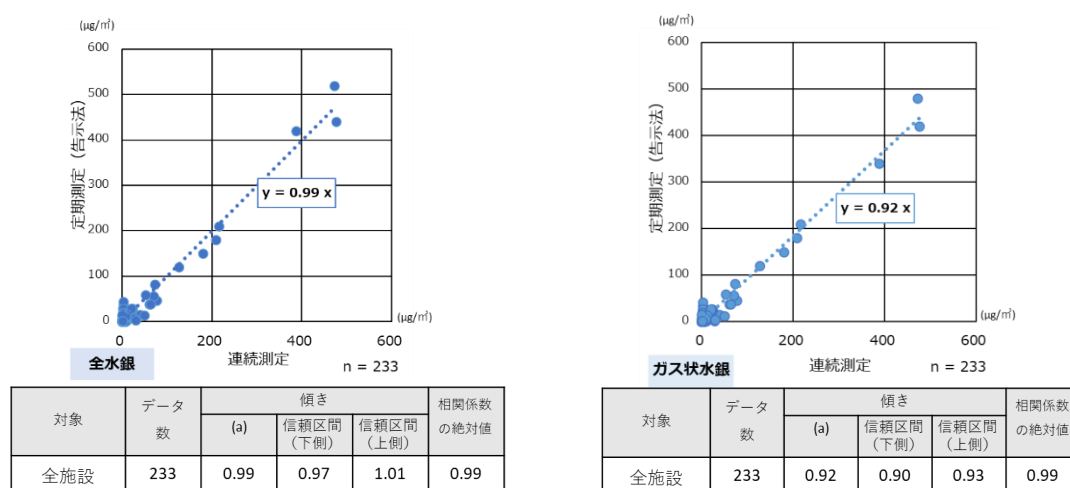


図8 告示法と連続測定法の相関図（全データ）（左：全水銀、右：ガス状水銀）

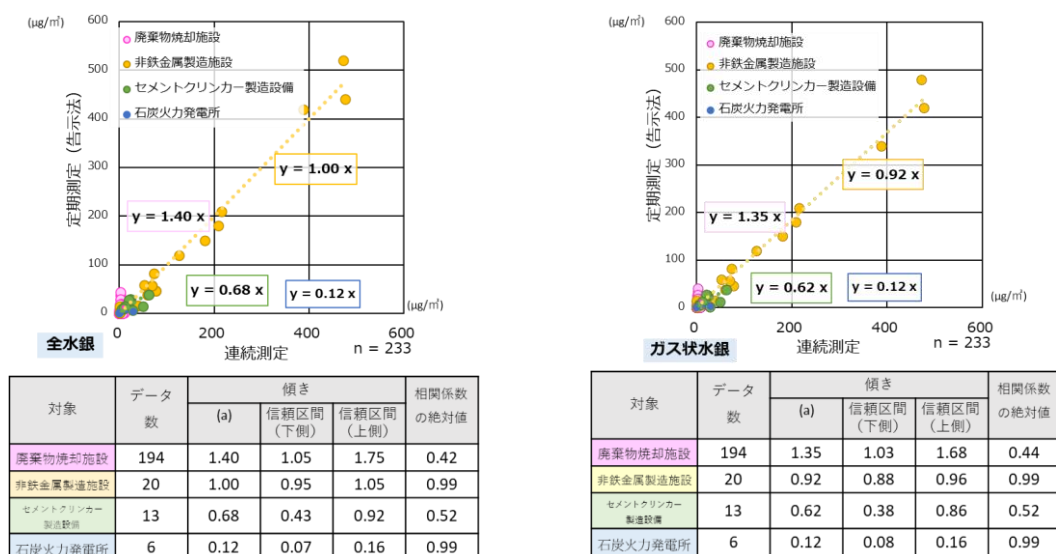
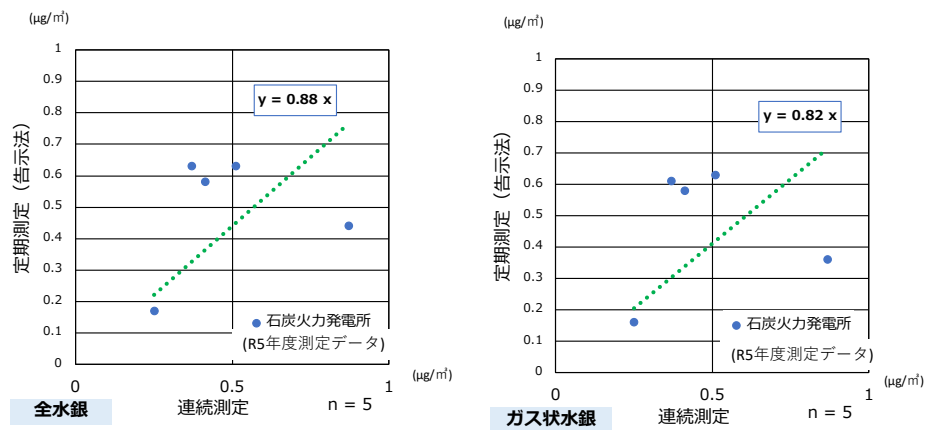


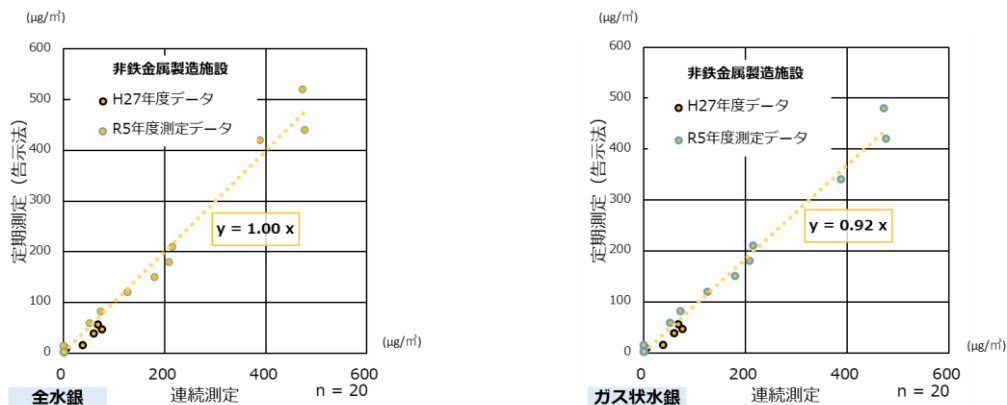
図9 告示法と連続測定法の相関図（業種分類ごと）（左：全水銀、右：ガス状水銀）



対象	データ数	傾き			相関係数の絶対値
		(a)	信頼区間(下側)	信頼区間(上側)	
石炭火力発電所	5	0.88	0.16	1.60	0.20

対象	データ数	傾き			相関係数の絶対値
		(a)	信頼区間(下側)	信頼区間(上側)	
石炭火力発電所	5	0.82	0.05	1.59	0.05

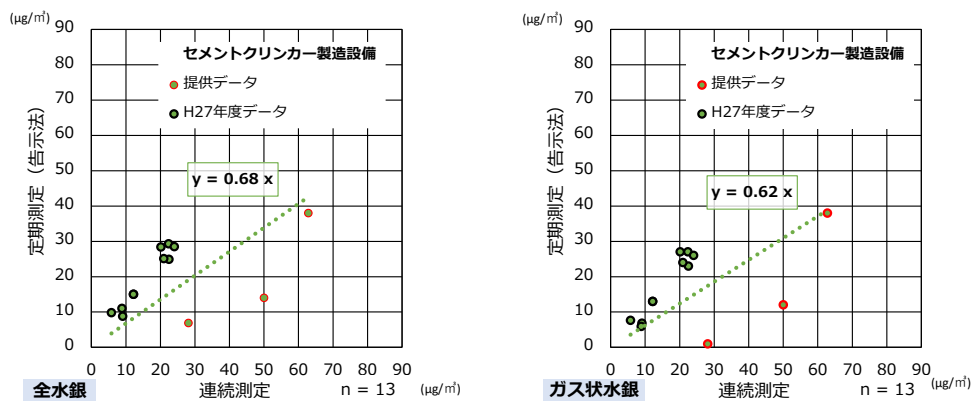
図 10 告示法と連続測定法の相関図（石炭火力発電所）（左：全水銀、右：ガス状水銀）



対象	データ数	傾き			相関係数の絶対値
		(a)	信頼区間(下側)	信頼区間(上側)	
非鉄金属製造施設	20	1.00	0.95	1.05	0.99

対象	データ数	傾き			相関係数の絶対値
		(a)	信頼区間(下側)	信頼区間(上側)	
非鉄金属製造施設	20	0.92	0.88	0.96	0.99

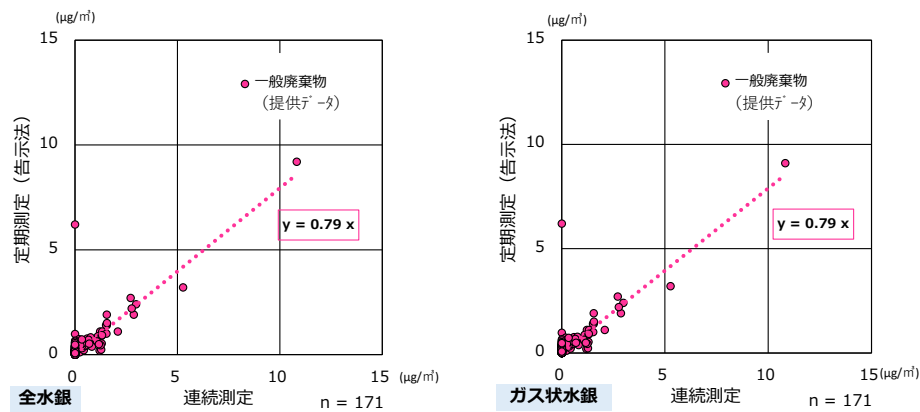
図 11 告示法と連続測定法の相関図（非鉄金属製造施設）（左：全水銀、右：ガス状水銀）



対象	データ数	傾き			相関係数の絶対値
		(a)	信頼区間(下側)	信頼区間(上側)	
セメントクリンカー製造設備	13	0.68	0.43	0.92	0.52

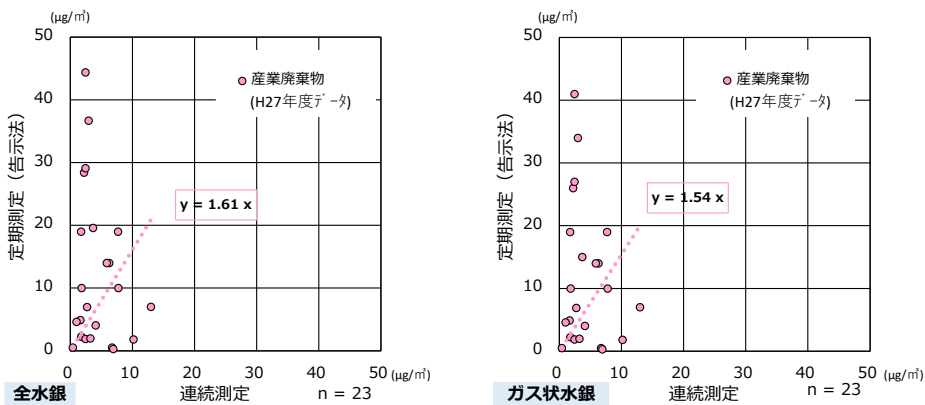
測定方法	データ数	傾き			相関係数の絶対値
		(a)	信頼区間(下側)	信頼区間(上側)	
セメントクリンカー製造設備	13	0.62	0.38	0.86	0.52

図 12 告示法と連続測定法の相関図（セメントクリンカー製造設備）（左：全水銀、右：ガス状水銀）



対象	データ数	傾き			相関係数の絶対値
		(a)	信頼区間(下側)	信頼区間(上側)	
一般廃棄物	171	0.79	0.72	0.87	0.83

図 13 告示法と連続測定法の相関図（一般廃棄物焼却施設）（左：全水銀、右：ガス状水銀）



対象	データ数	傾き			相関係数の絶対値
		(a)	信頼区間(下側)	信頼区間(上側)	
産業廃棄物	23	1.61	0.36	2.86	0.18

図 14 告示法と連続測定法の相関図（産業廃棄物焼却施設）（左：全水銀、右：ガス状水銀）

(3) 検討結果

令和 5 年度及び過去に実施した国及び事業者による連続測定法と公定法の結果から、連続測定法が導入可能と判断される一般廃棄物焼却施設と非鉄金属製造施設については、以下の方針のとおり連続測定法の導入を認めることが適当である。

＜連続測定導入の方針＞

- ・水銀排出施設のうち連続測定法が導入可能と判断された施設であり、かつ粒子状水銀の省略要件を満たす施設について、JIS B7994に準拠した連続計測機を用いた連続測定法を公定法として認める。
- ・水銀排出施設のうち連続測定法が導入可能と判断された施設であり、かつ粒子

状水銀の省略要件を満たす施設のうち、粒子状水銀の測定を省略する事業者は、連続測定法と現行の公定法の測定方法のいずれかを選択できることとする。

- JIS B7994 の連続測定機を設置し、連続して水銀濃度を測定するとともに、その結果を記録する者について、大気汚染防止法第十八条の三十五の測定義務（定期測定）を免除する。
- 連続測定における排出基準の遵守状況は 100 分間※当たりの平均濃度をもって評価する。（図 15 参照）
- 100 分間当たりの平均濃度において排出基準の超過が確認された場合、水銀排出者は直ちに原因究明を行うとともに、排出抑制対策を講じるなど、速やかに排出基準を遵守するよう対応する。（図 16 参照）
- 「水銀排出者が排出する水銀等の排出口における水銀濃度が排出基準に適合しない水銀等を継続して大気中に排出すると認める場合」の継続とは、現行の排出基準を超えた場合の対応期間（定期測定の結果が排出基準の 1.5 倍を超える場合は 30 日以内、1.5 倍を超えない場合は 60 日以内）を考慮し、測定の結果が排出基準の 1.5 倍を超える場合は 30 日、1.5 倍を超えない場合は 60 日の連続測定結果の平均値をもって判断する。（図 17、18、19 参照）
- 排出基準に適合しない水銀等を継続して大気中に排出すると認める場合には、大気汚染防止法第十八条の三十四の規定に基づく改善勧告等を行うことができる。

※公定法では、ガス状水銀の試料採取方法として100分以上（吸収液への吸収流量を0.5～1.0Lとし、吸引量は100L程度）としており、等価性が確認されたことから100分間当たりの平均濃度とする。

また、他の水銀排出施設においても、今後更にデータの蓄積を行い、粒子状水銀の省略要件を満たし、かつ、一般廃棄物焼却施設等と同様の傾向が確認される場合には、JIS B7994の規格を満たす連続測定機による水銀の連続測定法の導入を認めることが適当である。

ただし、新たに連続測定機を導入する場合、事業者への負担も懸念されることから、事業者による自主測定は、連続測定法と公定法を選択できるようにすることが適当である。

連続測定の実測結果の確認イメージ図

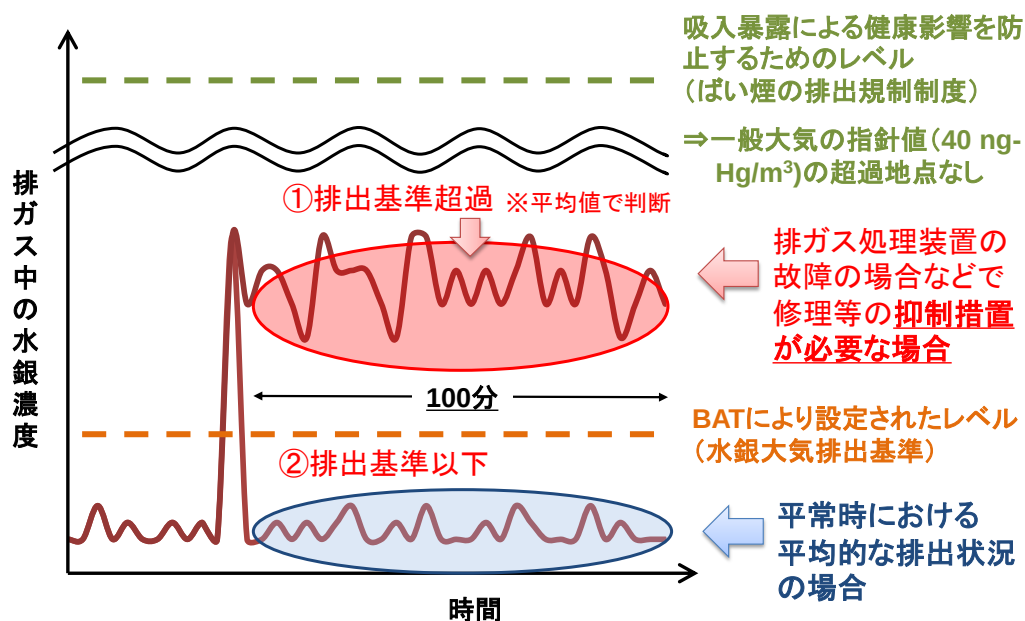


図15 連続測定結果の確認イメージ図

連続測定の結果が排出基準を超過した場合のフロー図

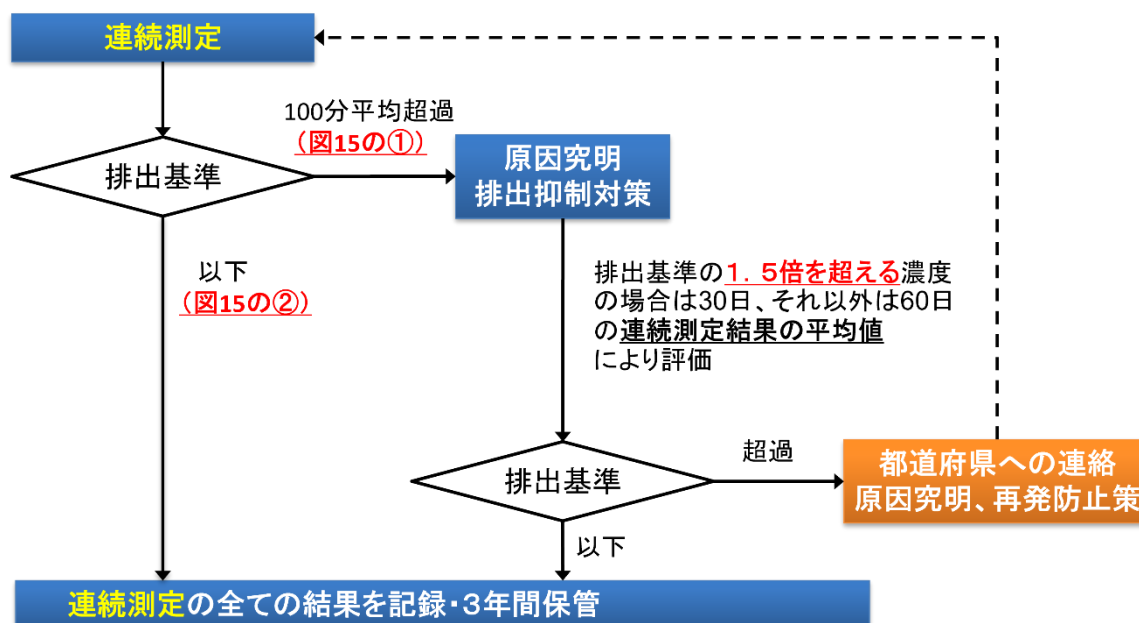


図16 連続測定の結果が排出基準を超過した場合のフロー

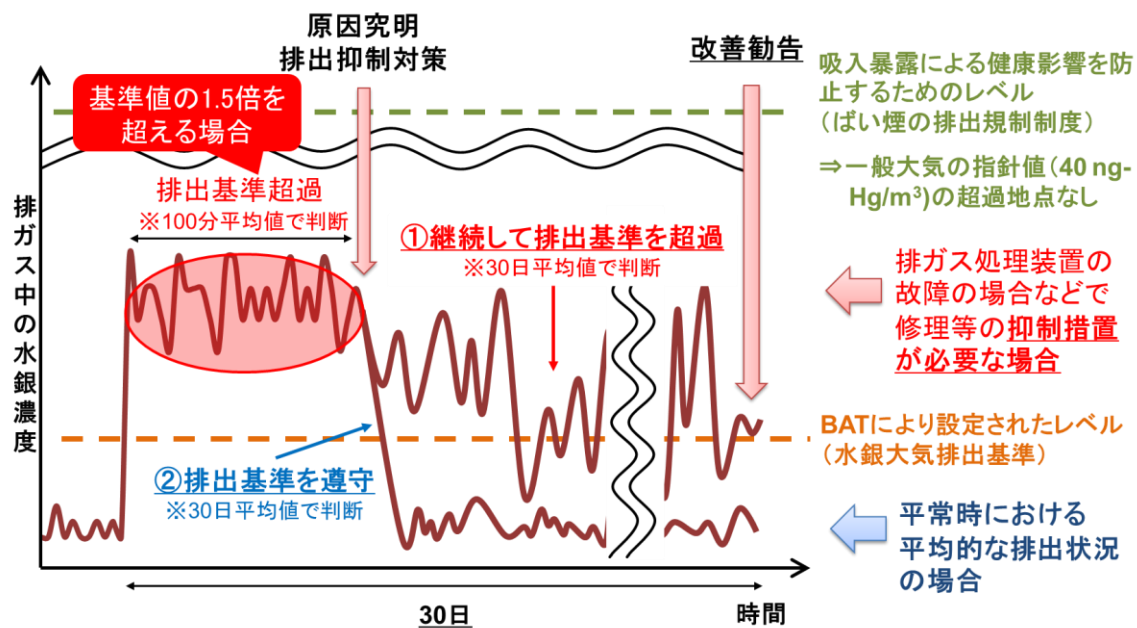


図17 排出基準に適合しない水銀等の継続的な大気排出の判断
(基準値の1.5倍を超える場合)

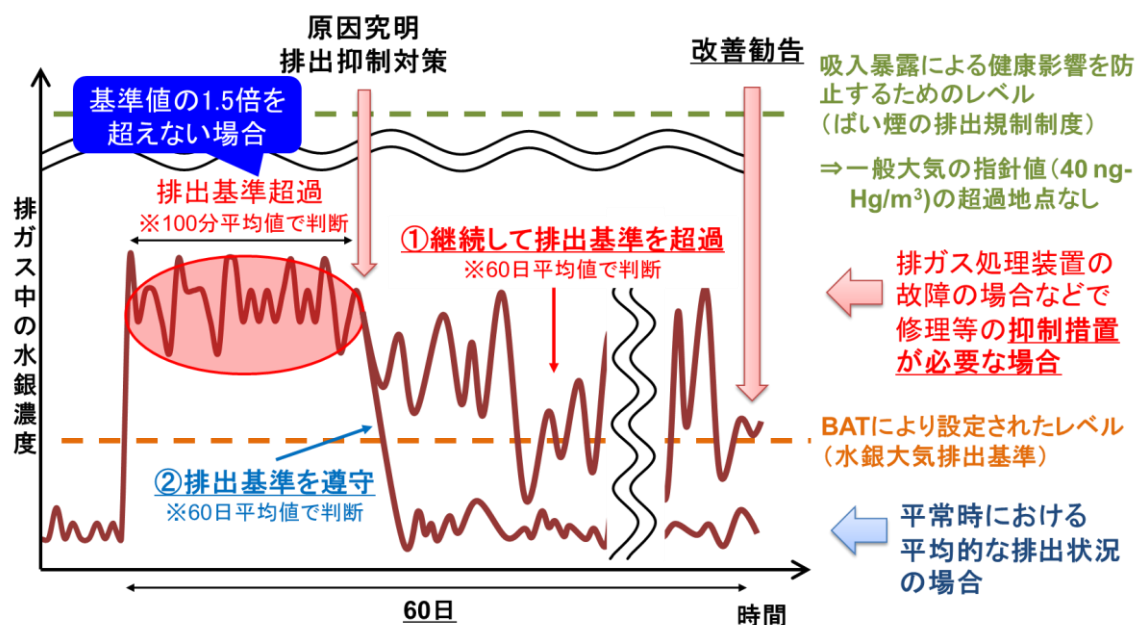


図18 排出基準に適合しない水銀等の継続的な大気排出の判断
(基準値の1.5倍を超えない場合)

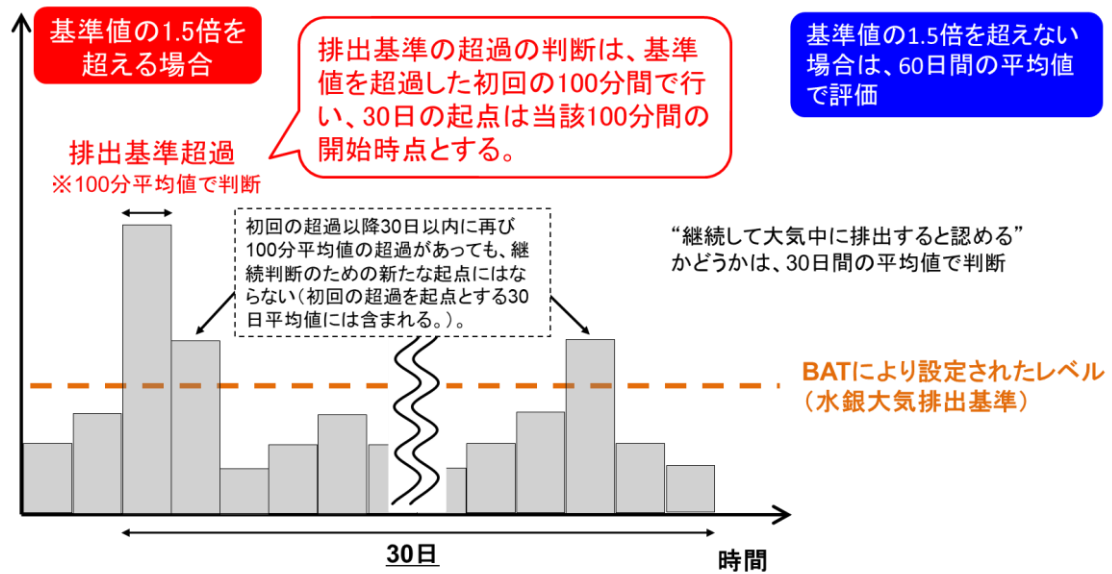


図19 連続測定結果に対する排出基準の超過の判断イメージ

5. その他法令規定事項の点検

(1) 検討事項

347 これまでの1. から4. 以外に改正大気汚染防止法で規定される届出、報告徴収、
348 罰則等について、5年間の規制事務の実施状況等の結果を踏まえ見直し検討を行う。

(2) 現状

349 大気汚染防止法では、毎年、法律の施行状況を取りまとめ公表している⁶。水銀
350 の大気排出規制事務の実施状況は表9のとおりである。

351 毎年、全ての地方公共団体において、定期的な立入検査や排出基準の超過施設に
352 対する行政指導が行われているが、この5年間では改善命令等の行政処分や罰則
353 が適用された事案は確認されていない。

354 令和3年度、一般廃棄物焼却施設において、排出基準超過後の再測定においても
355 基準超過が確認されたため、改善勧告（2施設）を行ったが、改善措置後に複数回
356 測定を実施し、排出基準を下回っていることを確認している。

357 実際に指導を行う地方公共団体に対してヒアリング及びアンケートを実施した
358 が、届出、報告徴収、罰則等の規定の見直しに関する意見は見られなかった。

表9 規制事務実施状況（平成30年度から令和3年度）

	平成30年度	令和元年度	令和2年度	令和3年度
立入検査	1,690	1,727	1,345	1,282
行政指導	316	235	169	192
排出基準違反、改善命令 違反等の告発	0	0	0	0
改善勧告	0	0	0	2
行政処分	0	0	0	0

出典：環境省、令和4年度大気汚染防止法施行状況調査（令和3年度実績）
(<https://www.env.go.jp/content/000127445.pdf>)

(3) 検討結果

359 規制事務実施状況から改正大気汚染防止法が着実に遂行されていることから、
360 届出、報告徴収、罰則等の規定については現行制度を継続する。

⁶ 環境省、大気汚染防止法施行状況調査 <https://www.env.go.jp/air/osen/law/sekou.html>

IV. 今後の課題

1. 排出実態を踏まえた更なる対応

改正大気汚染防止法の施行後 5 年が経過し、水銀排出施設や要排出抑制施設において水銀濃度の測定が行われ、その結果を活用した大気排出インベントリーが毎年更新されるなど、詳細な排出実態の把握が進められている。

その結果、水銀大気排出インベントリーの推計結果で一定の排出が確認されるフェロアロイ製造施設などの発生源や、今後普及が見込まれるバイオマス燃焼施設、地熱発電施設については、今後、実測調査等で得られる水銀濃度等の情報を元に排出実態を把握し、インベントリーに与える影響等について引き続き検討を行った上で要排出抑制施設としての追加の要否について検討を進めるべきである。

2. 技術革新等への対応

大気汚染防止法の水銀排出基準の特徴は、可能な限りBATに適合した値としていくことである。このため、水銀排出抑制技術の進歩に対応して、排出基準についても見直していく必要がある。

特に、今回の 5 年後点検・見直しにおいて、水銀の大気排出量が最も多く、その削減が求められているものの、水銀排出抑制技術のBAT/BEPに変化がないために排出基準等の見直しを行わなかったセメントクリンカー製造設備については、水俣条約の趣旨に鑑み、引き続き運転管理を工夫すること等により排出抑制に努めるとともに、運転管理を含めた技術の進歩を適宜確認すべきである。その結果、今後新たな技術が確認された場合には、技術水準や経済性を勘案し、事業者及び業界団体は速やかに国内での適用に努めるとともに、国は必要に応じて排出基準等の点検・見直しを行うべきである。

また、今後、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラルの実現に向け、水銀排出施設や要排出抑制施設において原料・燃料の変更や運転方法の変更、更には施設の大幅な改造・更新等など、水銀の大気排出に影響を与える社会の変化や技術の進歩が想定される。こうしたことから国内外の動向を把握し、経済的かつ技術的考慮を払うとともに、カーボンニュートラル、サーキュラーエコノミー等との統合的な取組となることを考慮して、規制対象施設や排出基準等について適宜、見直していくことが適当である。

3. 測定方法に関する継続的な検討

水銀の連続測定は、水銀濃度の変動をとらえて年間排出総量を把握できる点に

388 おいて優れているものの、測定機器の導入や維持管理によるコスト面での事業者
389 への負担が大きいという課題は残る。また、依然として粒子状水銀が測定できない
390 こと、妨害物質等の影響を受ける場合があること、低濃度域への対応に限界がある
391 など、連続測定機自体の課題も残ることから、関係者による技術開発等が期待され
392 る。

393 また、連続測定を行うメリットとして、水銀濃度の変動をきめ細かに継続して確
394 認することが可能となることが挙げられる。今後、連続測定データを更に蓄積し、
395 ドイツをはじめ既に一部の諸外国で導入されている長期的かつ実態に即した排出
396 基準の設定についても検討を行うべきである。

397 なお、連続測定機は設置するだけでなく、メンテナンス等の維持管理を適切に行
398 うことが重要であることにも留意が必要である。

【参考資料 1】

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
委員名簿

令和 6 年 3 月現在

浅利 美鈴	大学共同利用機関法人人間文化研究機構 総合地球環境学研究所 研究基盤国際センター 教授
伊藤 茂男	一般財団法人電力中央研究所 研究アドバイザー
大野 香代	一般社団法人産業環境管理協会 国際協力・技術センター長
大橋 博信	愛知県環境局環境政策部水大気環境課 課長
黒坂 則子	同志社大学 法学部 教授
鈴木 規之	国立研究開発法人国立環境研究所企画部 フェロー
委員長 高岡 昌輝	京都大学大学院 工学研究科 教授
萩野 貴世子	大阪府環境農林水産部環境管理室事業所指導課 課長
守富 寛	岐阜大学 名誉教授
山川 茜	国立研究開発法人 国立環境研究所 環境リスク・健康領域 基盤計測センター 環境標準研究室 主任研究員
横山 唯史	一般社団法人日本環境衛生施設工業会 技術委員会 委員長

【参考資料 2】

審議経過（5年後点検・見直し）

平成 27 年 12 月 18 日

環境大臣から中央環境審議会会長に対し、「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」諮問

平成 27 年 12 月 21 日

「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」を大気・騒音振動部会へ付議

平成 28 年 1 月 6 日 第 10 回大気・騒音振動部会
(主な議題)

- ・大気排出基準等専門委員会の設置について

令和 5 年 3 月 14 日 大気排出基準等専門委員会（第 12 回）
(主な議題)

- ・水銀排出施設における水銀濃度の測定結果について
- ・要排出抑制施設における自主的取組のフォローアップについて
- ・水銀大気排出インベントリーについて
- ・今後の水銀大気排出対策について

令和 5 年 11 月 2 日 大気排出基準等専門委員会（第 13 回）
(主な議題)

- ・前回委員会における指摘事項等について
- ・水銀大気排出に関するヒアリング
 - ①電気事業連合会
 - ②日本鉱業協会
 - ③公益社団法人全国産業資源循環連合会
 - ④一般社団法人日本環境衛生施設工業会

令和 5 年 11 月 13 日 大気排出基準等専門委員会（第 14 回）
(主な議題)

- ・水銀大気排出に関するヒアリング
 - ①一般社団法人日本化学工業協会
 - ②一般社団法人セメント協会
 - ③一般社団法人日本産業機械工業会
 - ④一般社団法人日本鉄鋼連盟

令和 6 年 1 月 29 日 大気排出基準等専門委員会（第 15 回）

（主な議題）

- ・ 前回までの委員会における指摘事項等について
- ・ 今後の水銀大気排出対策について

令和 6 年 3 月 8 日 大気排出基準等専門委員会（第 16 回）

（主な議題）

- ・ 前回までの委員会における指摘事項等について
- ・ 今後の水銀大気排出対策について

【参考資料 3】

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	32
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	32
1.2.	排出基準値への適合について	48
1.3.	粒子状水銀の割合	62
1.4.	BEP の観点での水銀排出抑制技術の整理	65
2.	IGCC 施設について（規制対象施設への追加要否について）	66
2.1.	国内稼働中の IGCC 施設について	66
2.2.	水銀排出実態に関する調査・検討状況	67
	（1）IGCC 施設における水銀排出実態に関する概要	67
	（2）排ガス中水銀濃度について	68
	（3）水銀のマテリアルバランスについて	69
	（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	69
2.3.	海外における規制状況について	71
2.4.	（参考）IGCC 施設についての基本情報	73
	（1）IGCC 施設の概要	73
	（2）IGCC の発電システム	74
	（3）IGFC について	74
	（4）IGCC からの水銀排出について	75
	（5）海外の設置状況	77
3.	非鉄金属製造施設（基準値の見直しについて）	78
3.1.	現在の規制内容	78
	（1）施設の規模要件等	78
	（2）排出基準値	78
	（3）施設数	79
3.2.	排出状況	80
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）	83
4.1.	特例措置の概要（規則 附則第 2 条）	83
4.2.	石灰石特例措置に関する現状	84
	（1）対象施設数の推移	84
	（2）石灰石中水銀濃度と排ガス中水銀濃度の関係	84
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）	87

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

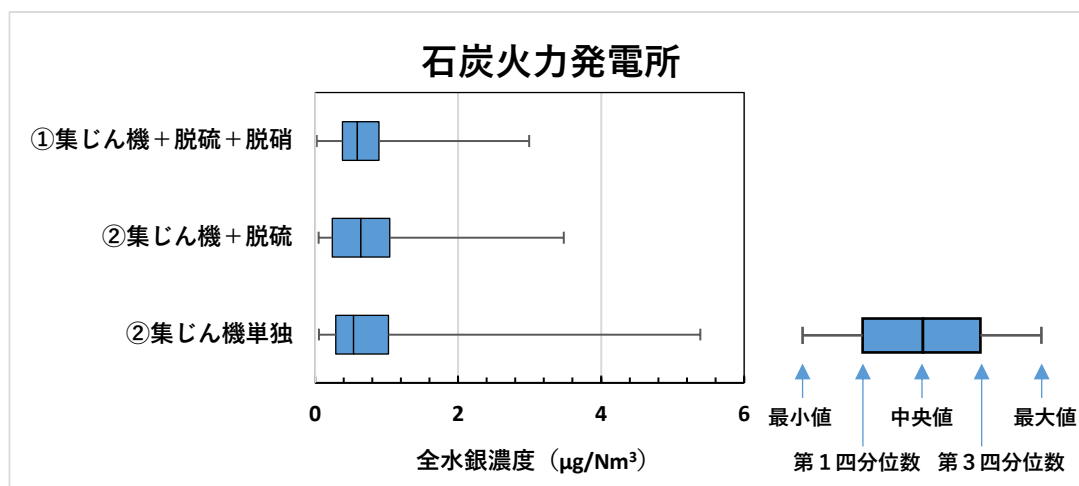


図 1 排ガス処理装置別の濃度分布①（石炭火力発電所）

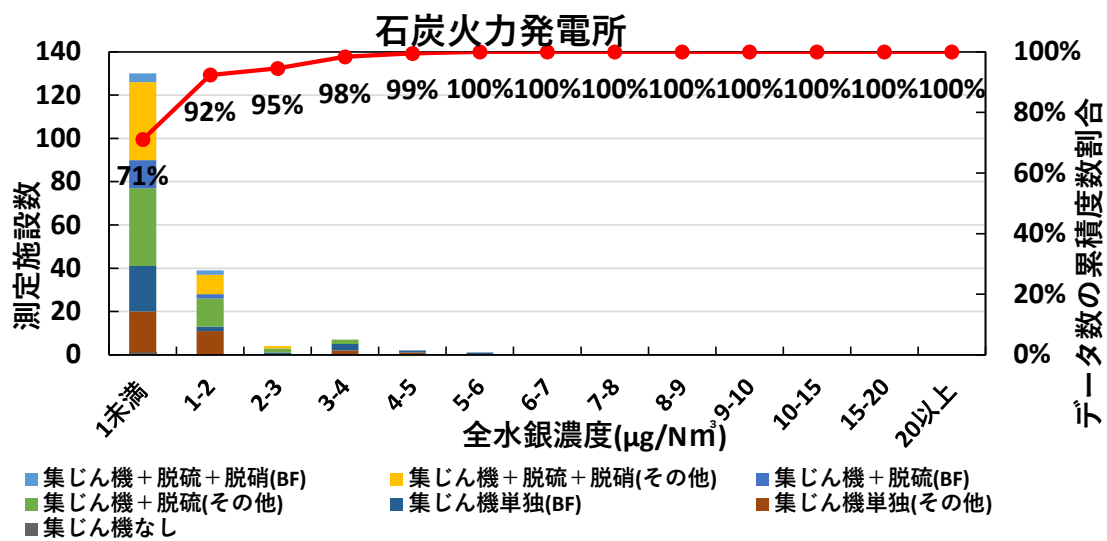


図2 排ガス処理装置別の濃度分布② (石炭火力発電所)

＜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

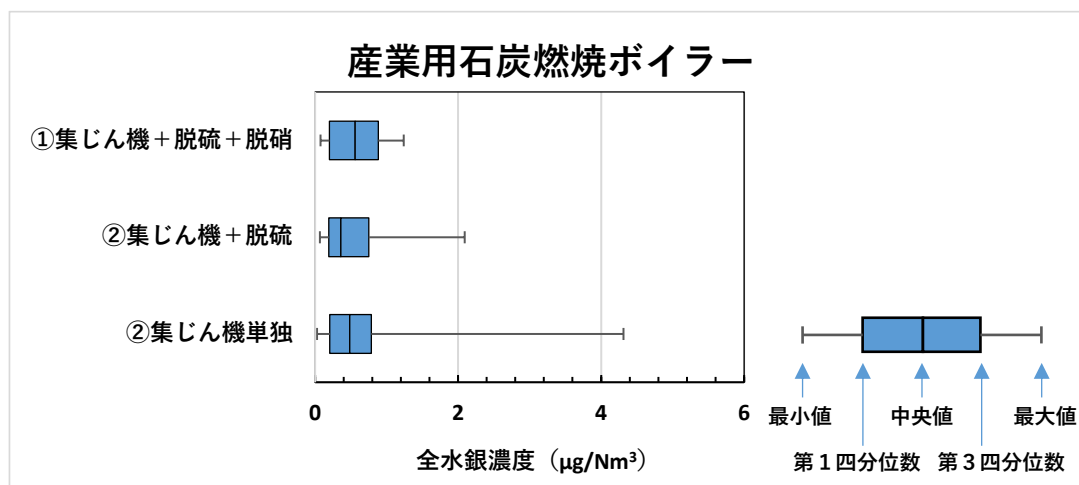


図 3 排ガス処理装置別の濃度分布①（産業用石炭燃焼ボイラー）

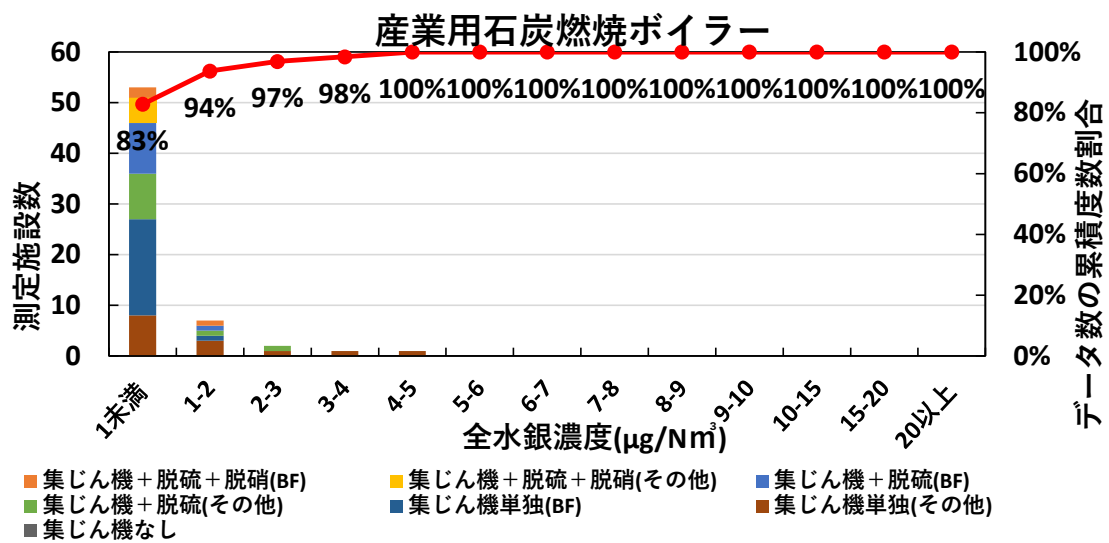


図 4 排ガス処理装置別の濃度分布②（産業用石炭燃焼ボイラー）

<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

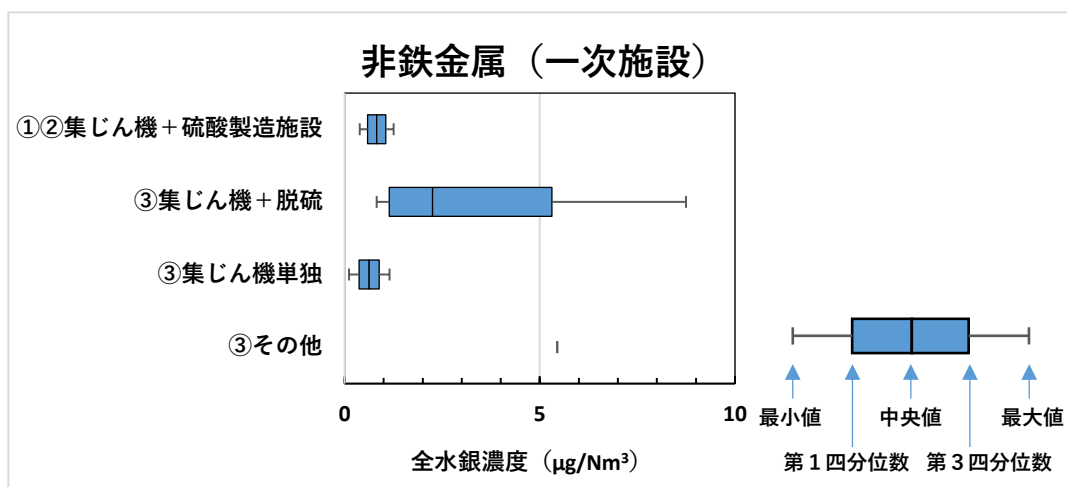


図 5 排ガス処理装置別の濃度分布①（非鉄金属製造施設（一次施設））

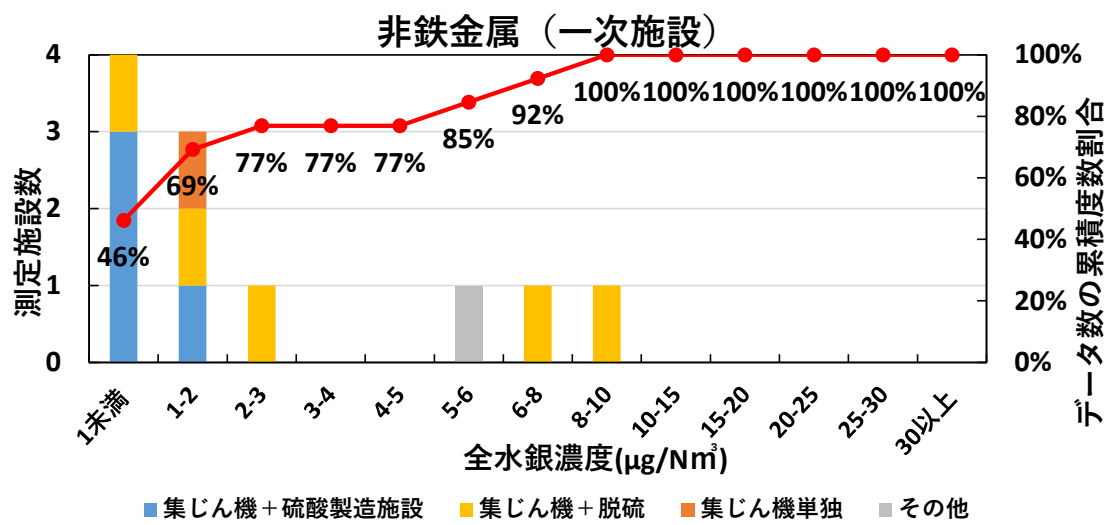


図 6 排ガス処理装置別の濃度分布②（非鉄金属製造施設（一次施設））

<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

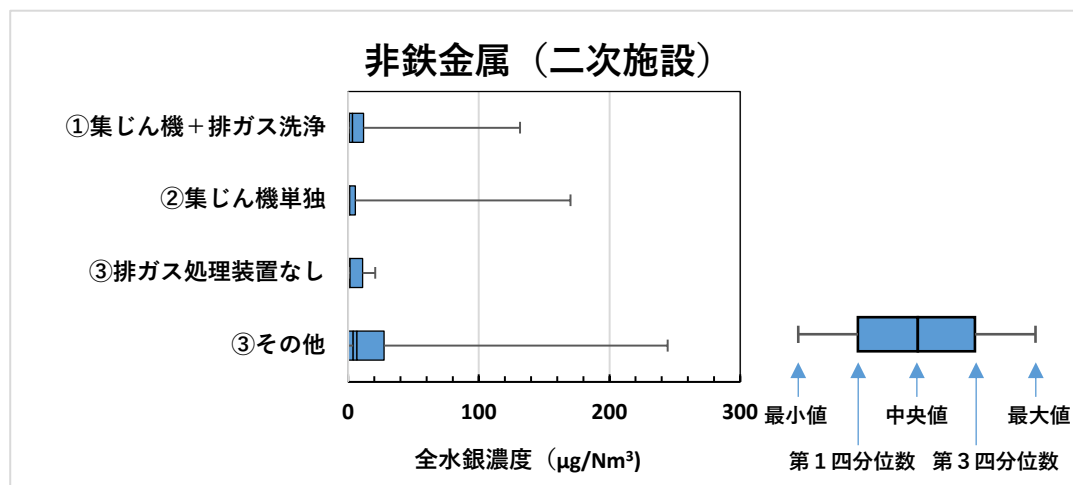


図 7 排ガス処理装置別の濃度分布①（非鉄金属製造施設（二次施設））

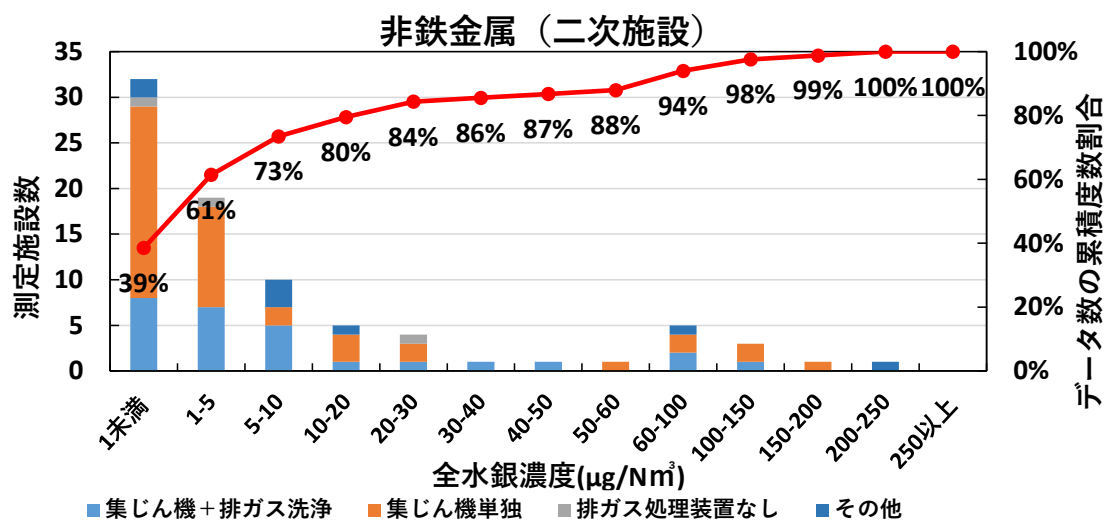


図 8 排ガス処理装置別の濃度分布②（非鉄金属製造施設（二次施設））

<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

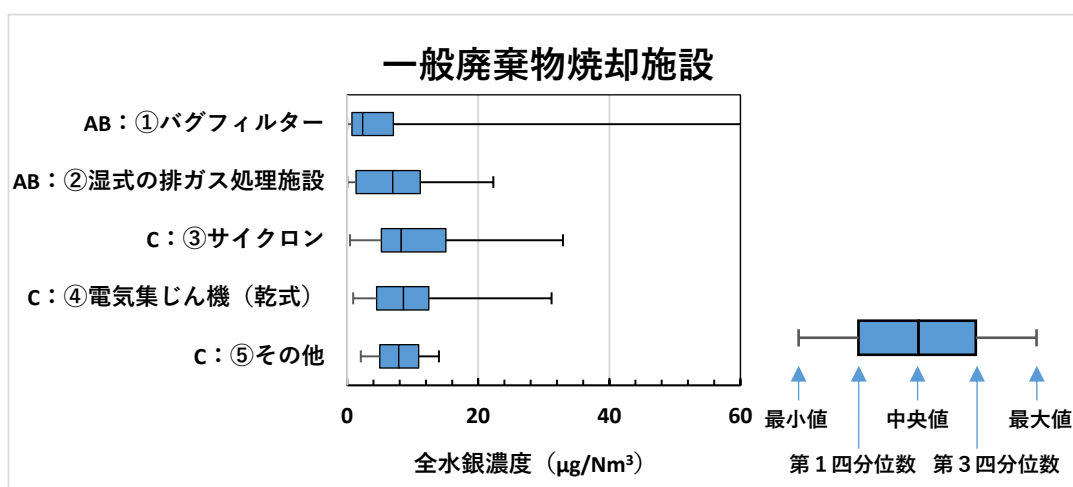


図 9 排ガス処理装置別の濃度分布①（一般廃棄物焼却施設）

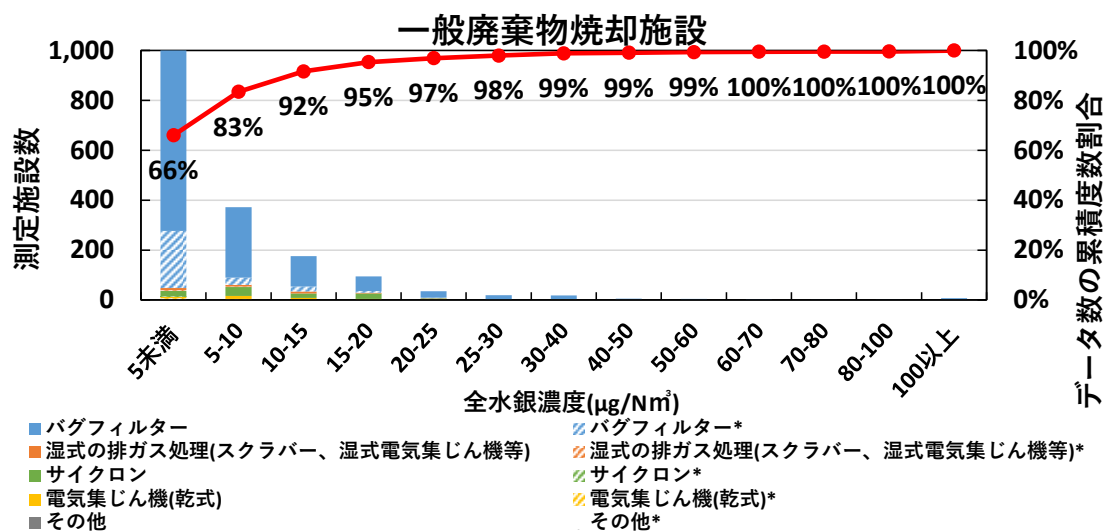


図 10 排ガス処理装置別の濃度分布②（一般廃棄物焼却施設）

<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)

※カッコ内の数値は、活性炭処理がある施設の集計値

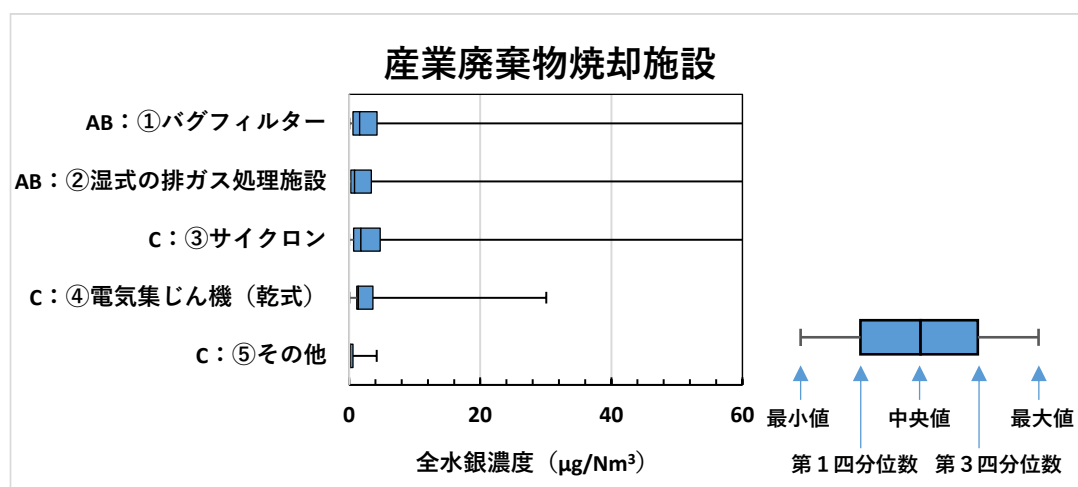


図 11 排ガス処理装置別の濃度分布①（産業廃棄物焼却施設）

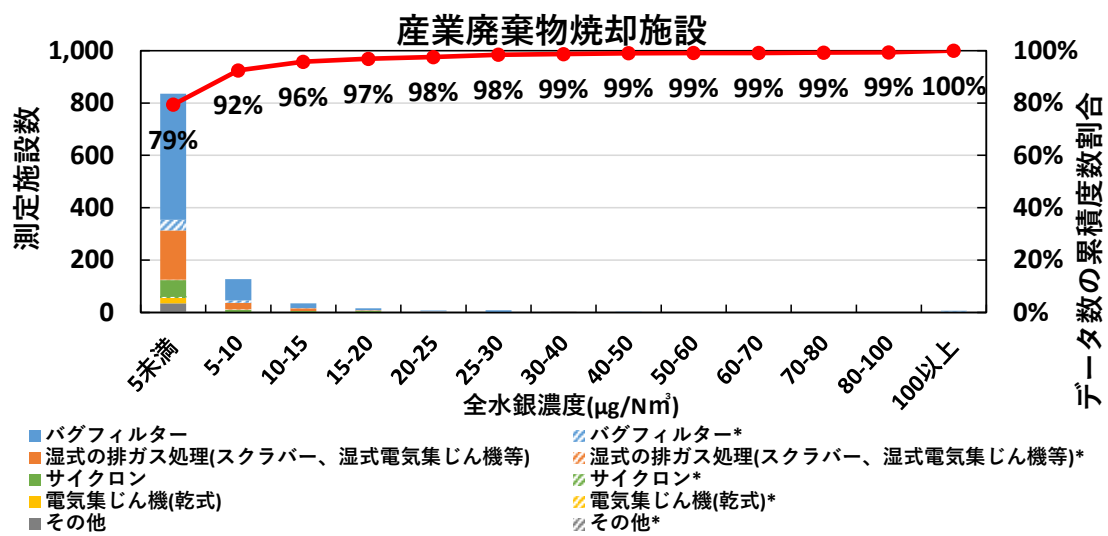


図 12 排ガス処理装置別の濃度分布②（産業廃棄物焼却施設）

<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)

※カッコ内の数値は、活性炭処理がある施設の集計値

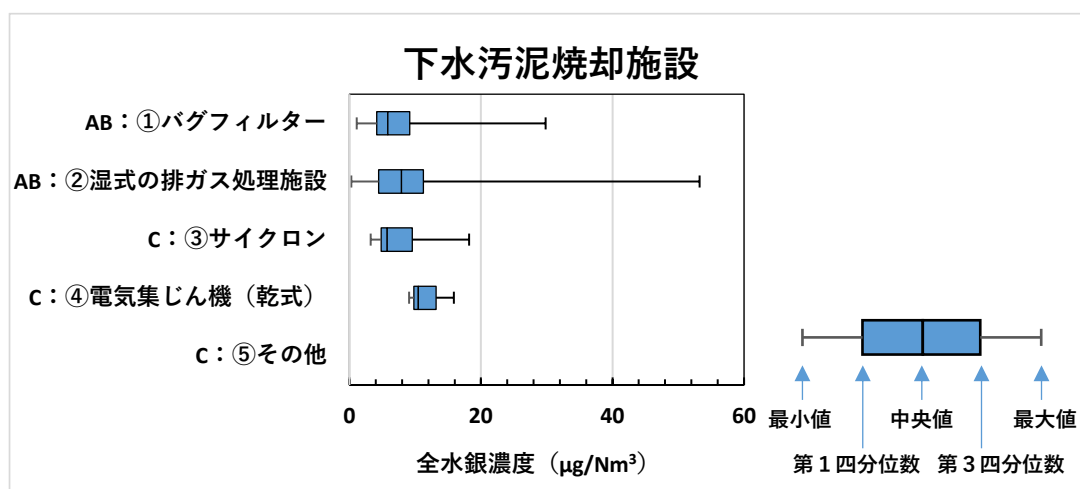


図 13 排ガス処理装置別の濃度分布①（下水汚泥焼却施設）

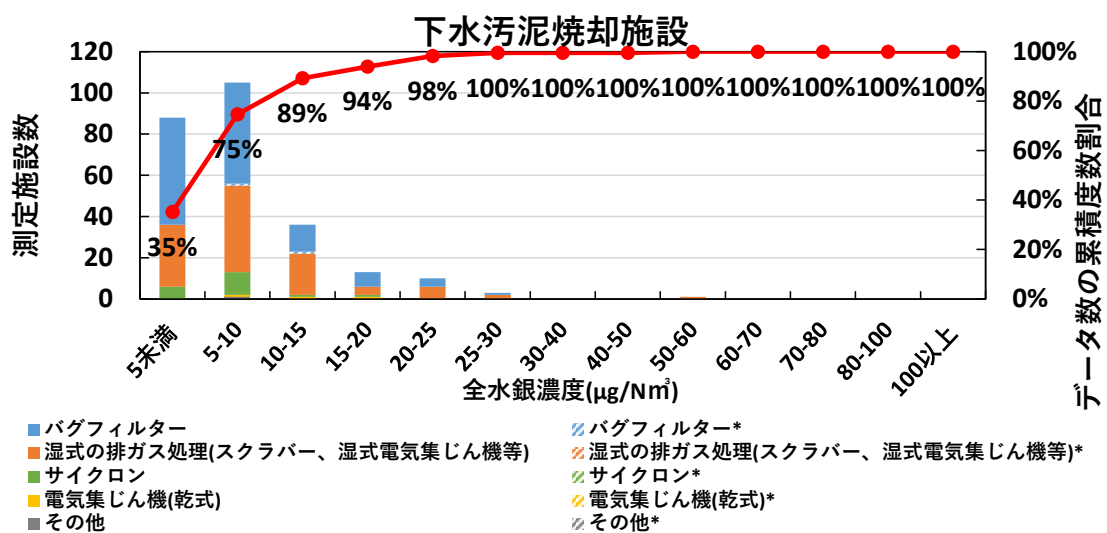


図 14 排ガス処理装置別の濃度分布②（下水汚泥焼却施設）

＜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

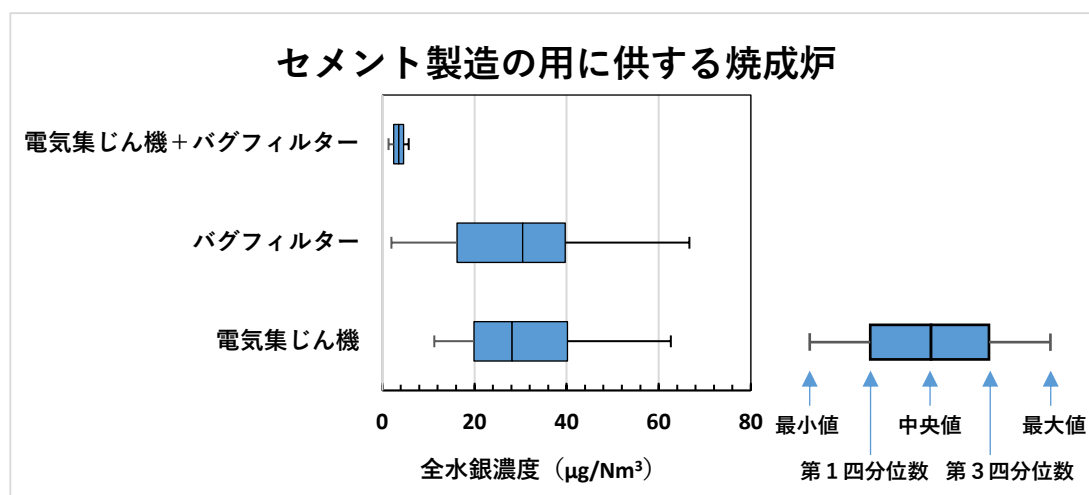


図 15 排ガス処理装置別の濃度分布①（セメントの製造の用に供する焼成炉）

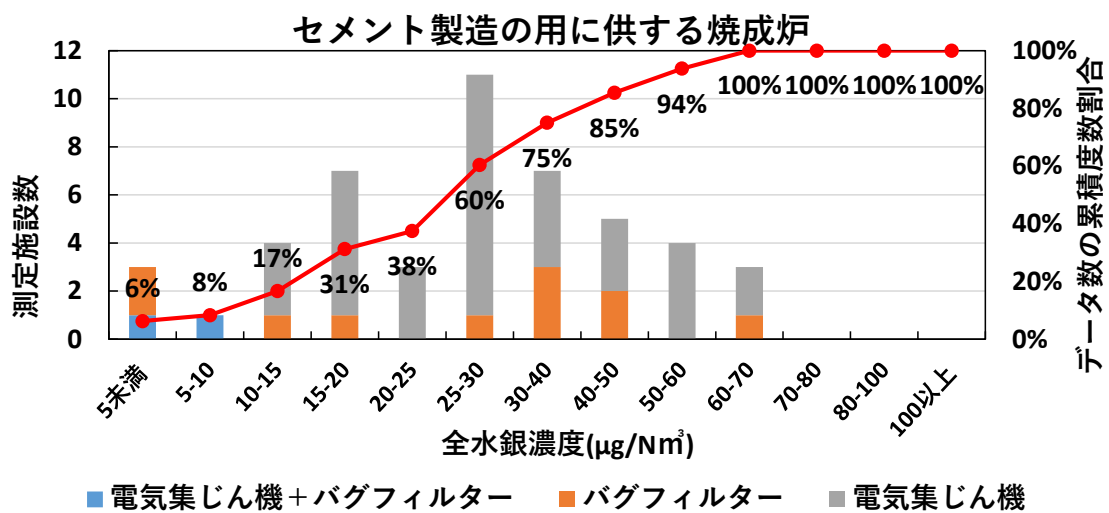


図 16 排ガス処理装置別の濃度分布②（セメントの製造の用に供する焼成炉）

1.2.排出基準値への適合について

<石炭火力発電所>

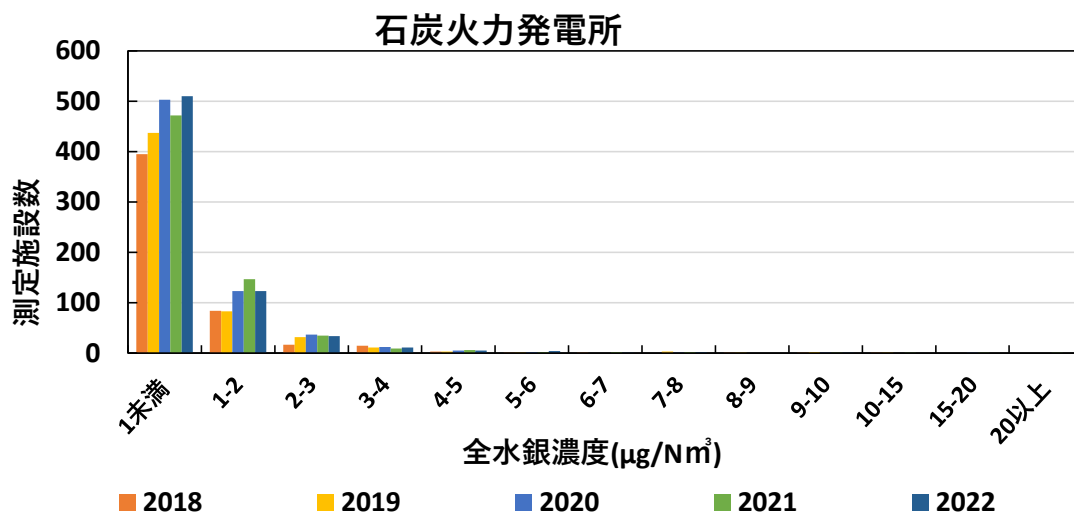


図 17 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移①（石炭火力発電所）

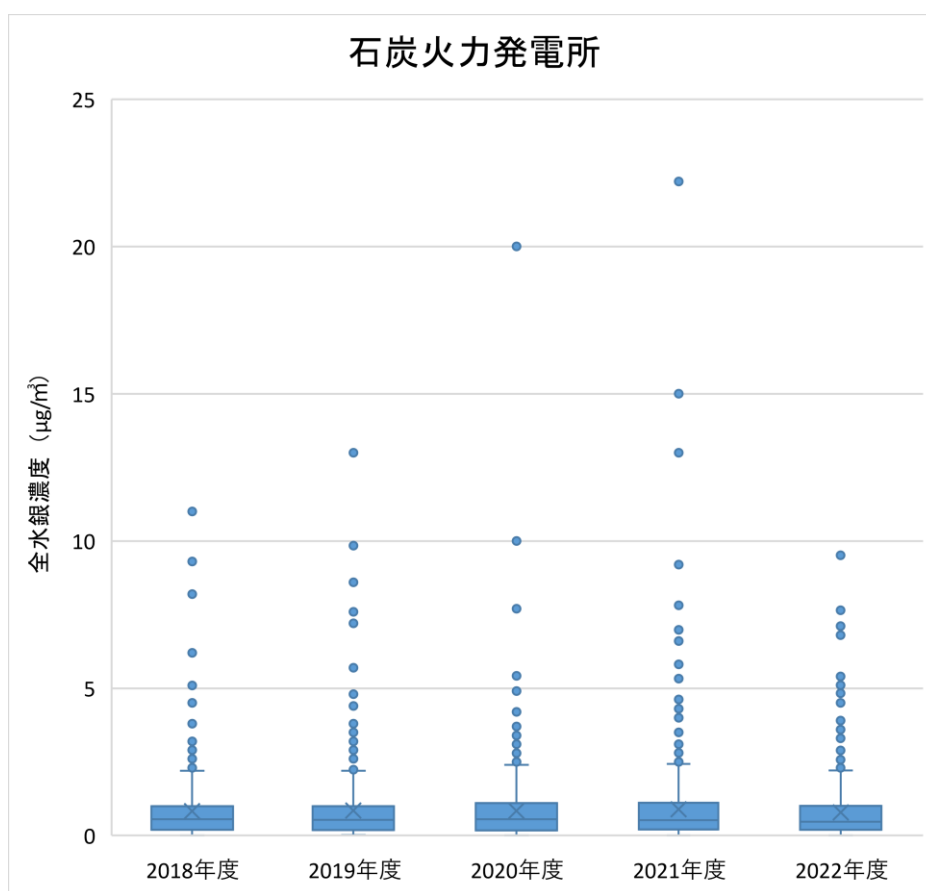


図 18 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移②（石炭火力発電所）

<産業用石炭燃焼ボイラー>

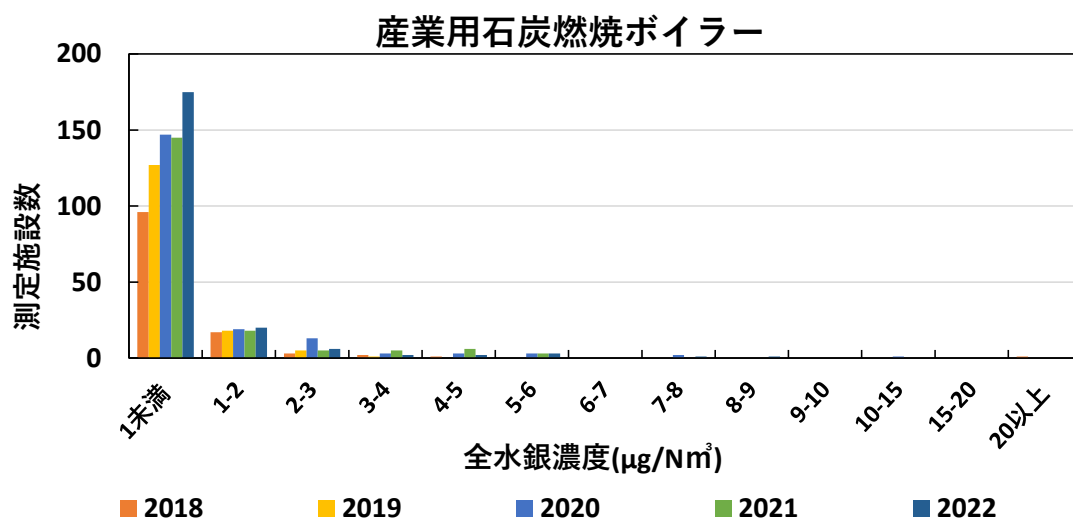


図 19 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移①（産業用石炭燃焼ボイラー）

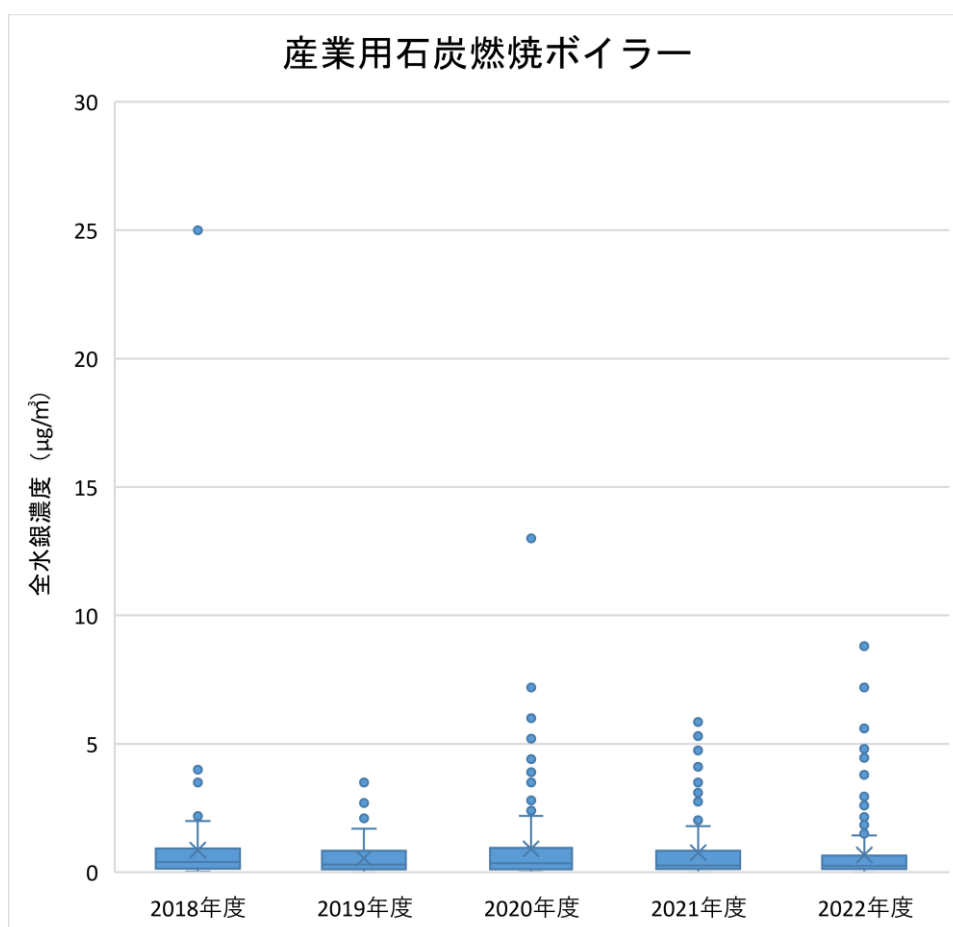


図 20 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移②（産業用石炭燃焼ボイラー）

< 非鉄金属製造施設（一次施設） >

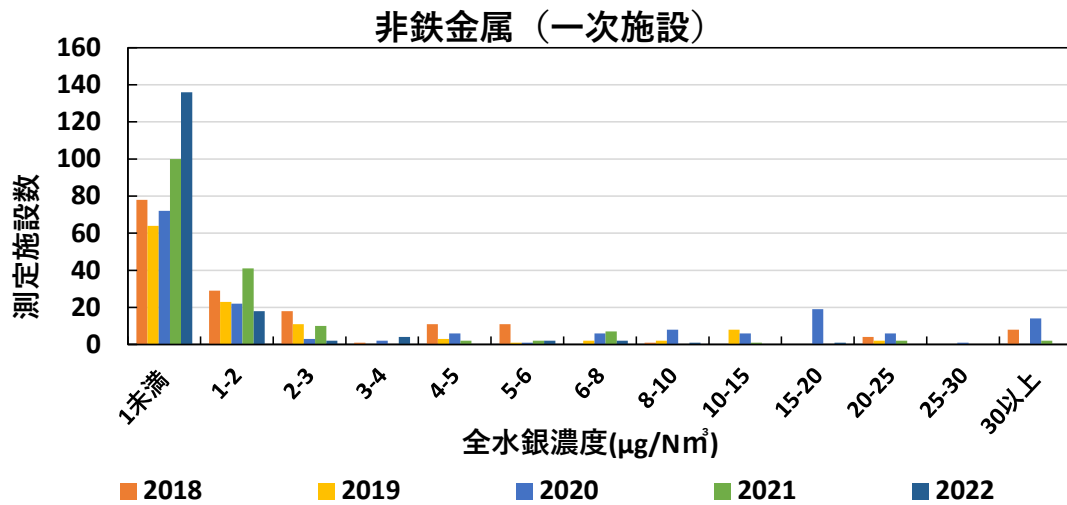


図 21 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移①（非鉄金属（一次施設））

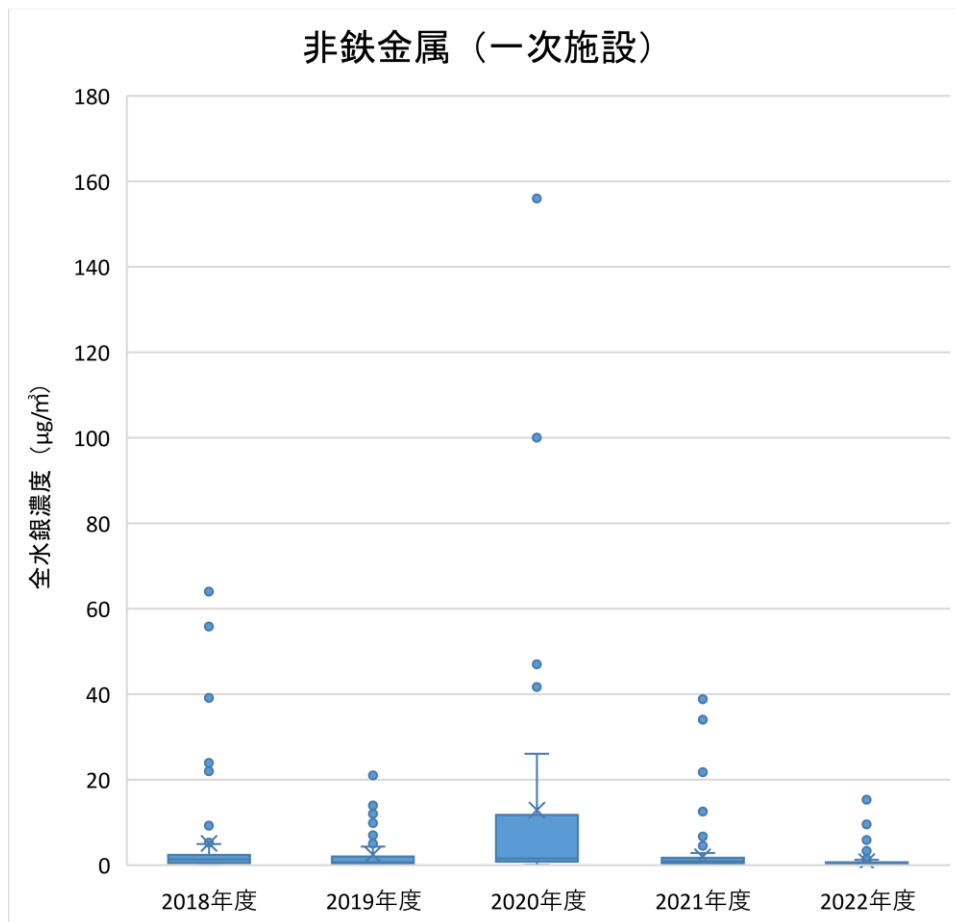


図 22 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移②（非鉄金属（一次施設））

<非鉄金属製造施設（二次施設）>

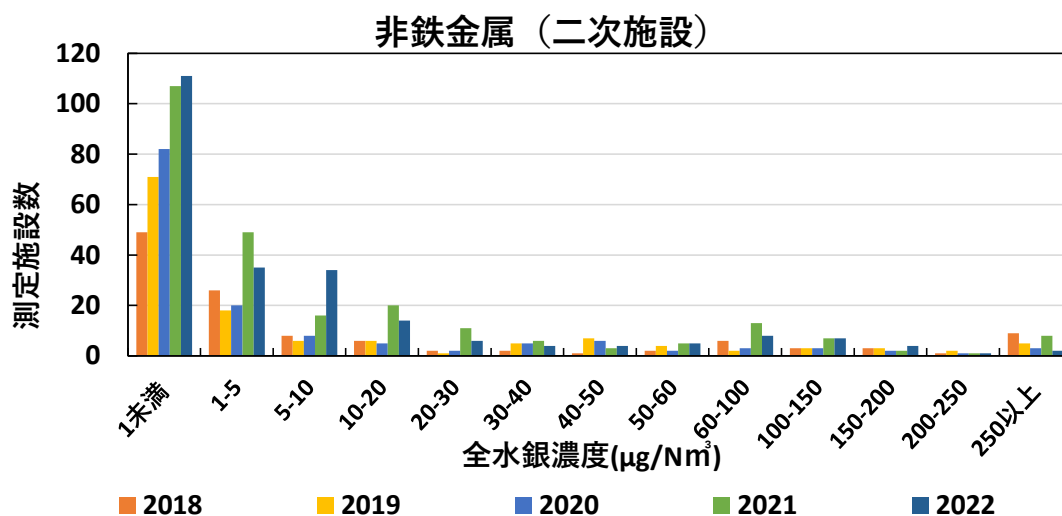


図 23 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移①（非鉄金属（二次施設））

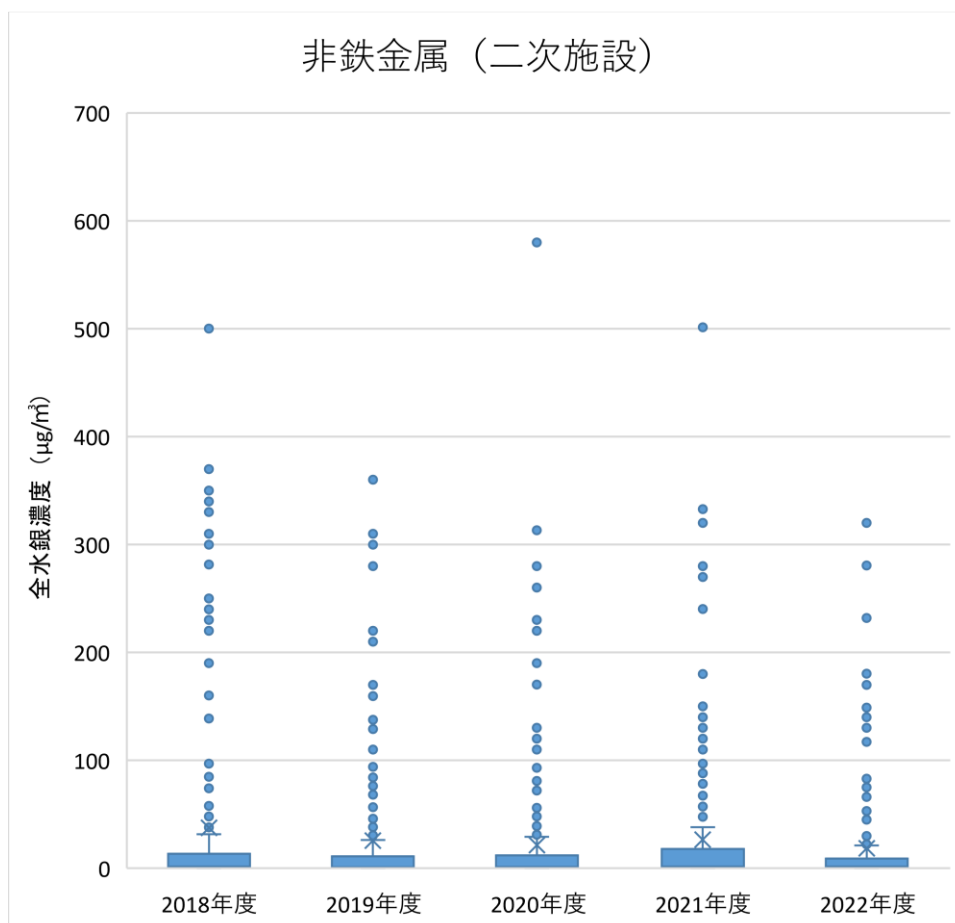


図 24 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移②（非鉄金属（二次施設））

<一般廃棄物焼却施設>

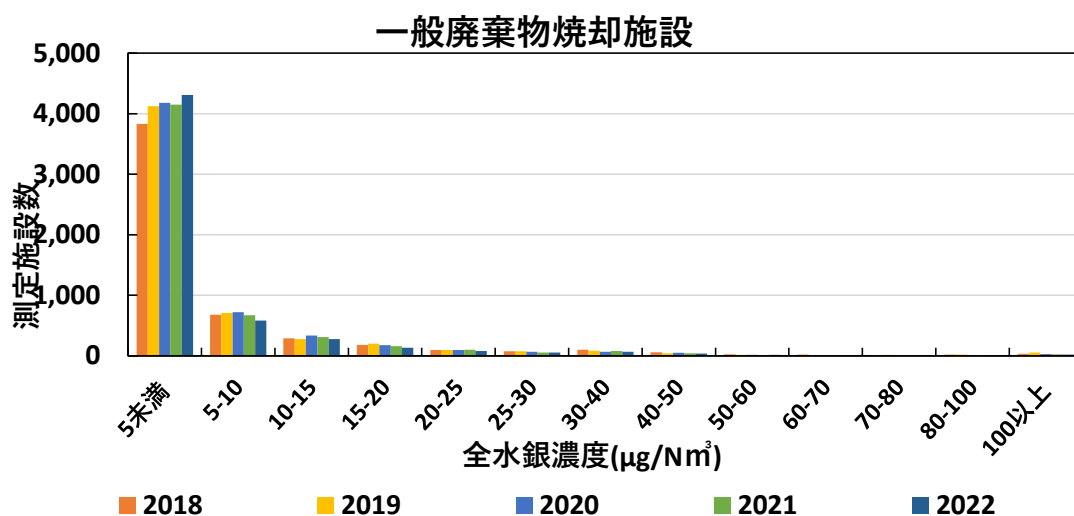


図 25 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移①（一般廃棄物焼却施設）

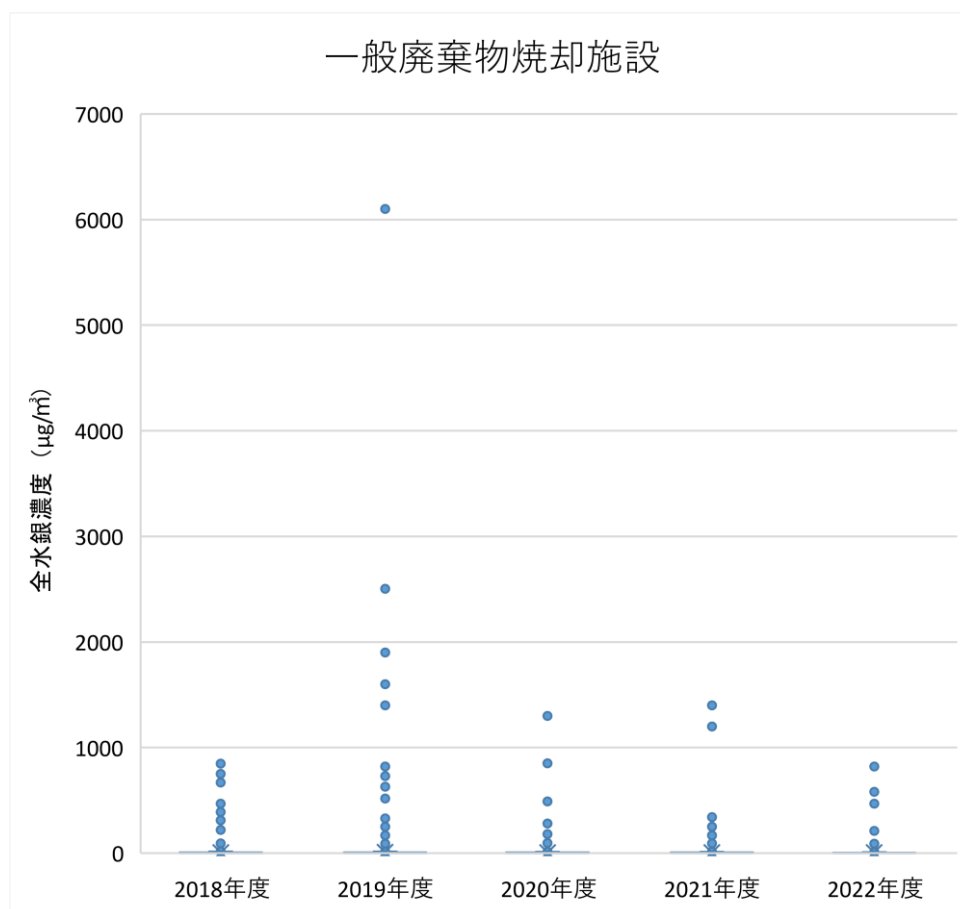


図 26 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移②（一般廃棄物焼却施設）
（縦軸最大値 $7000\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）

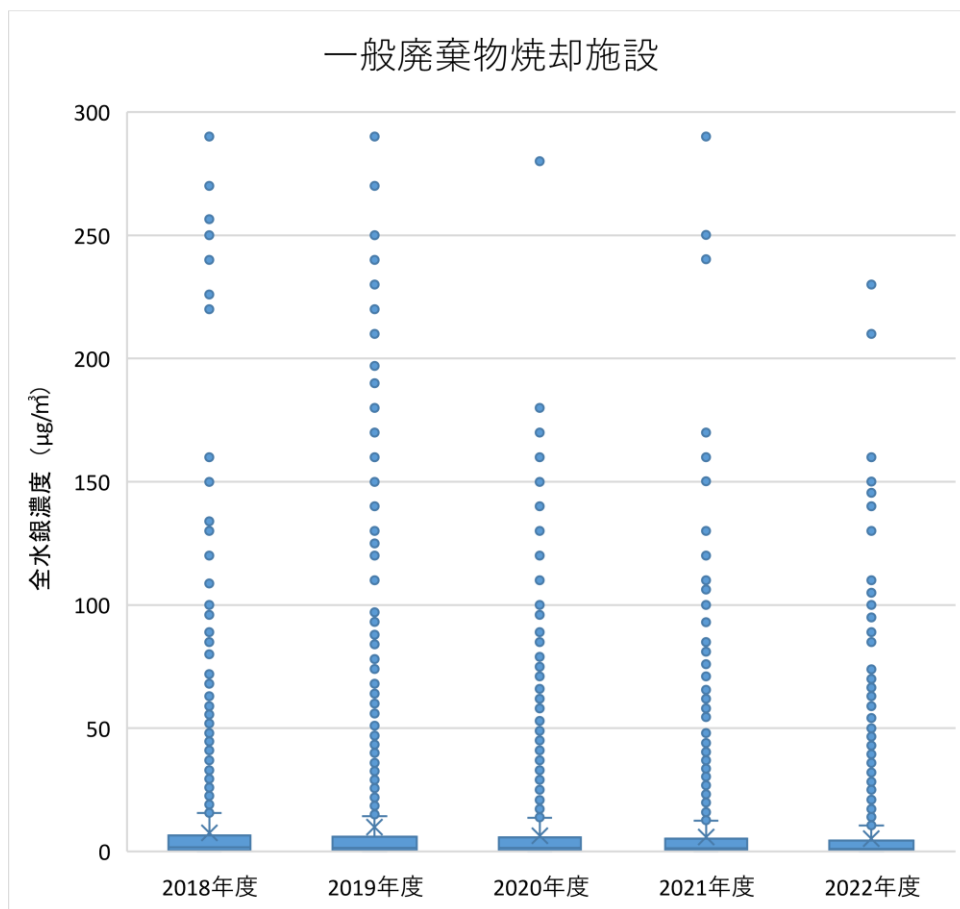


図 27 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移③（一般廃棄物焼却施設）
（縦軸最大値 300µg/m³）

<産業廃棄物焼却施設>

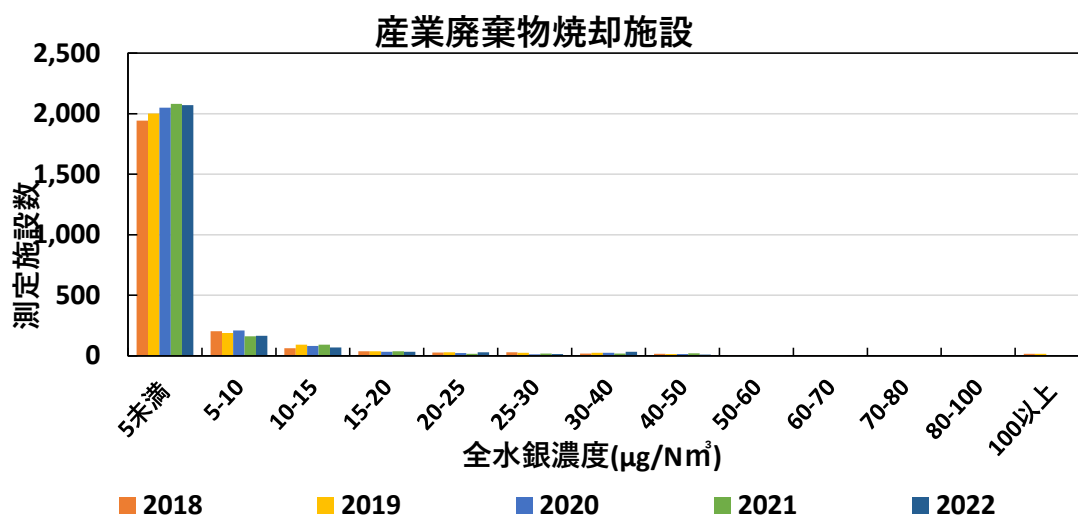


図 28 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移①（非鉄金属（一次施設））

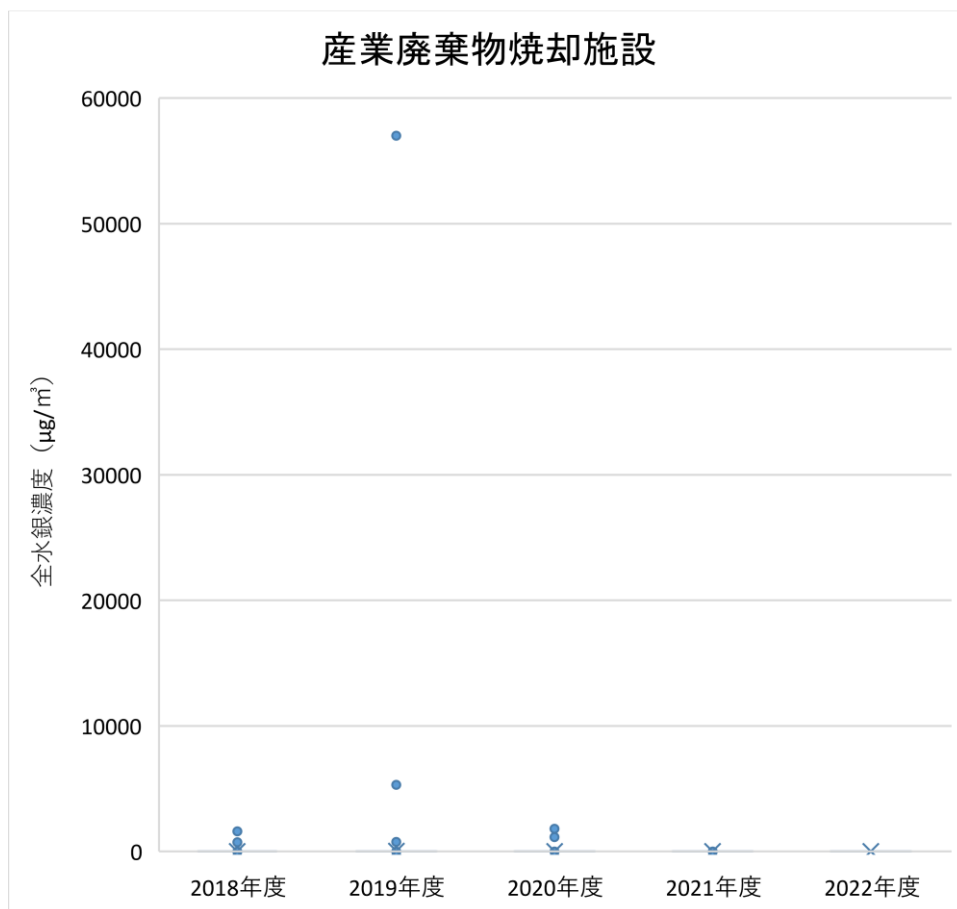


図 29 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移②（産業廃棄物焼却施設）
（縦軸最大値 60000μg/m³）

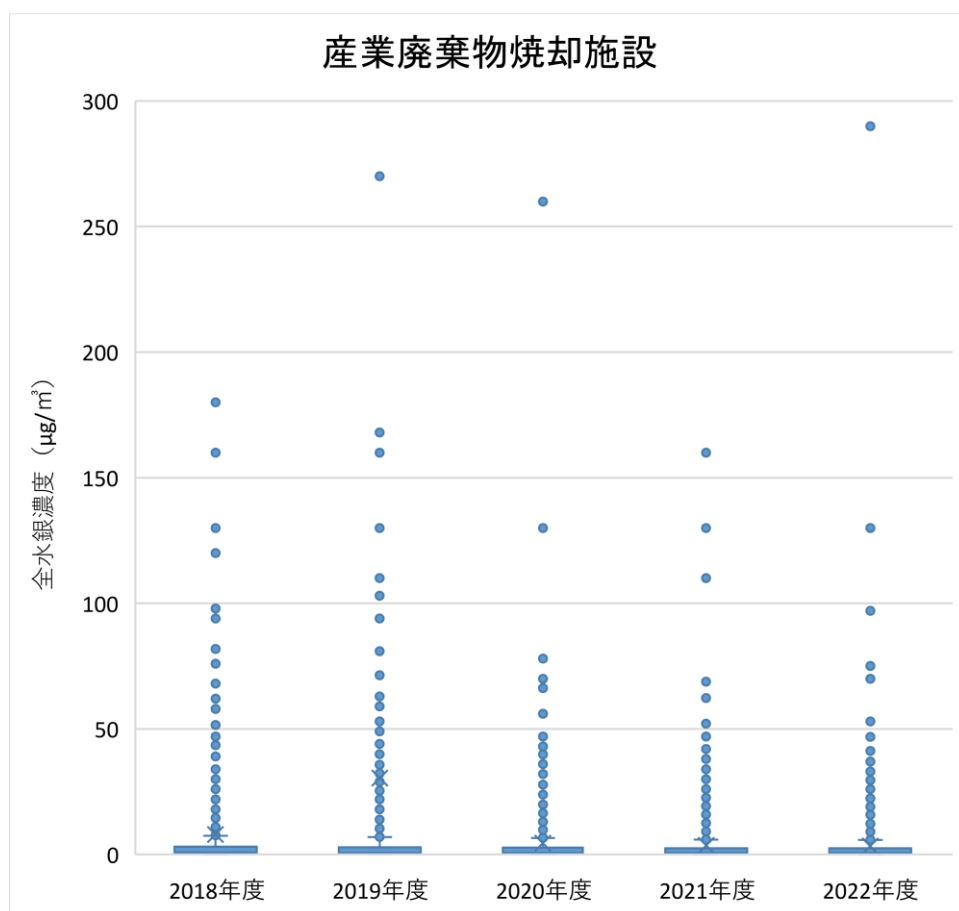


図 30 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移③（産業廃棄物焼却施設）
（縦軸最大値 300µg/m³）

<下水汚泥焼却施設>

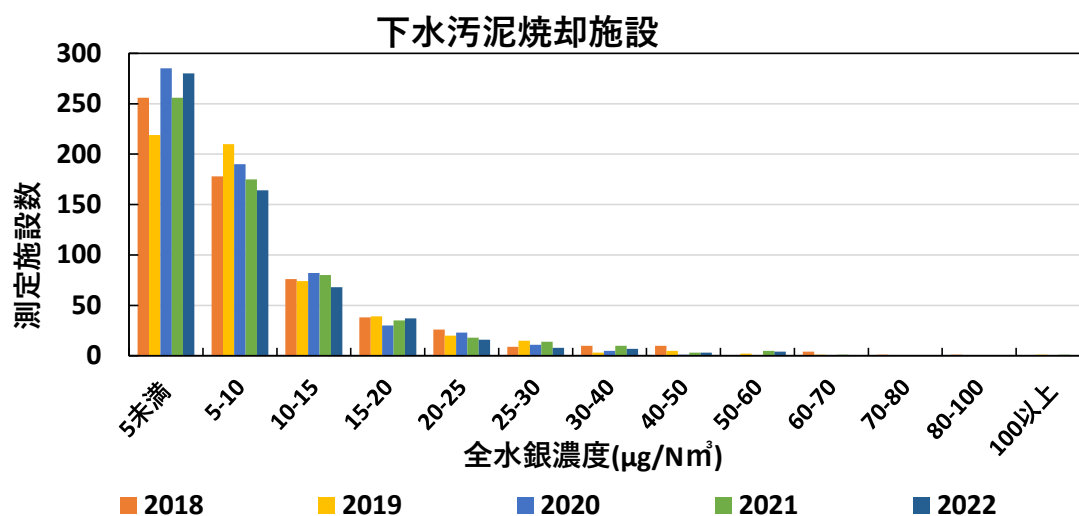


図 31 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移①（下水汚泥焼却施設）

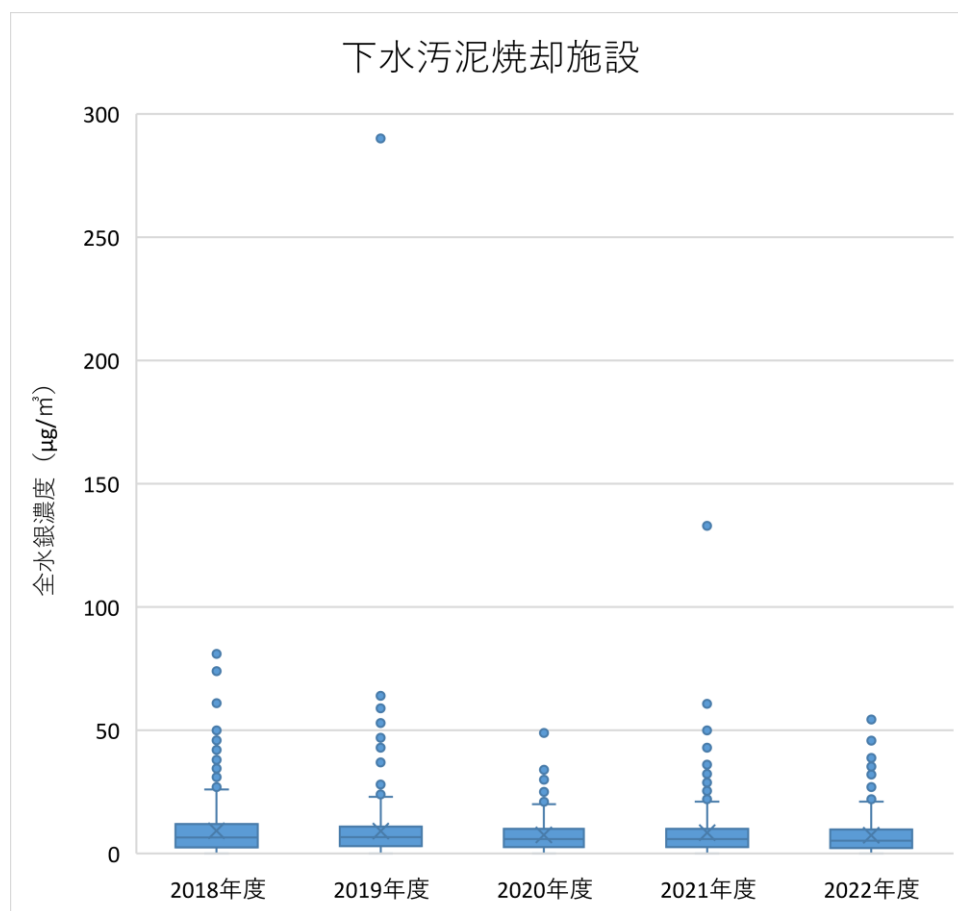


図 32 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移②（下水汚泥焼却施設）

<セメントの製造の用に供する焼成炉>

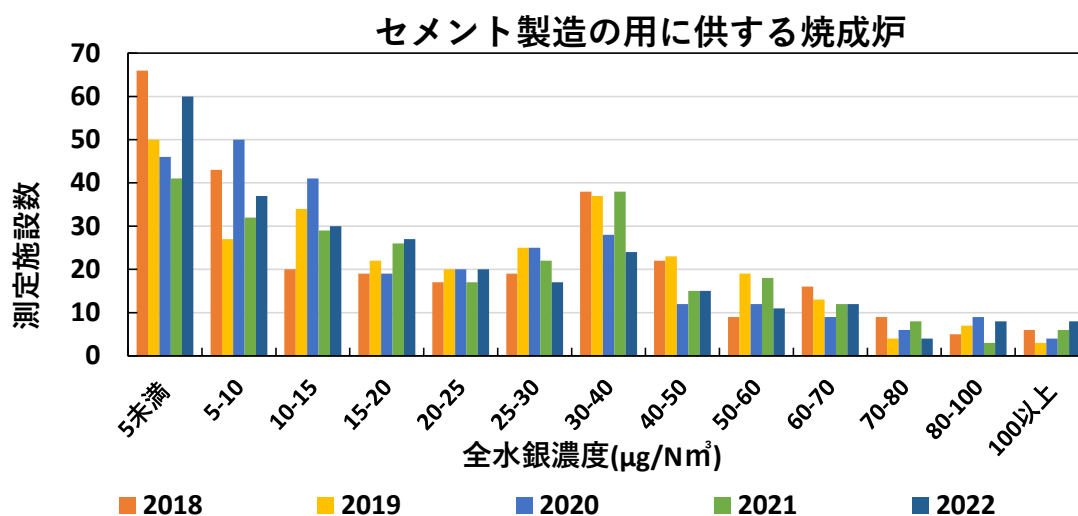


図 33 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移①（セメント製造の用に供する焼成炉）

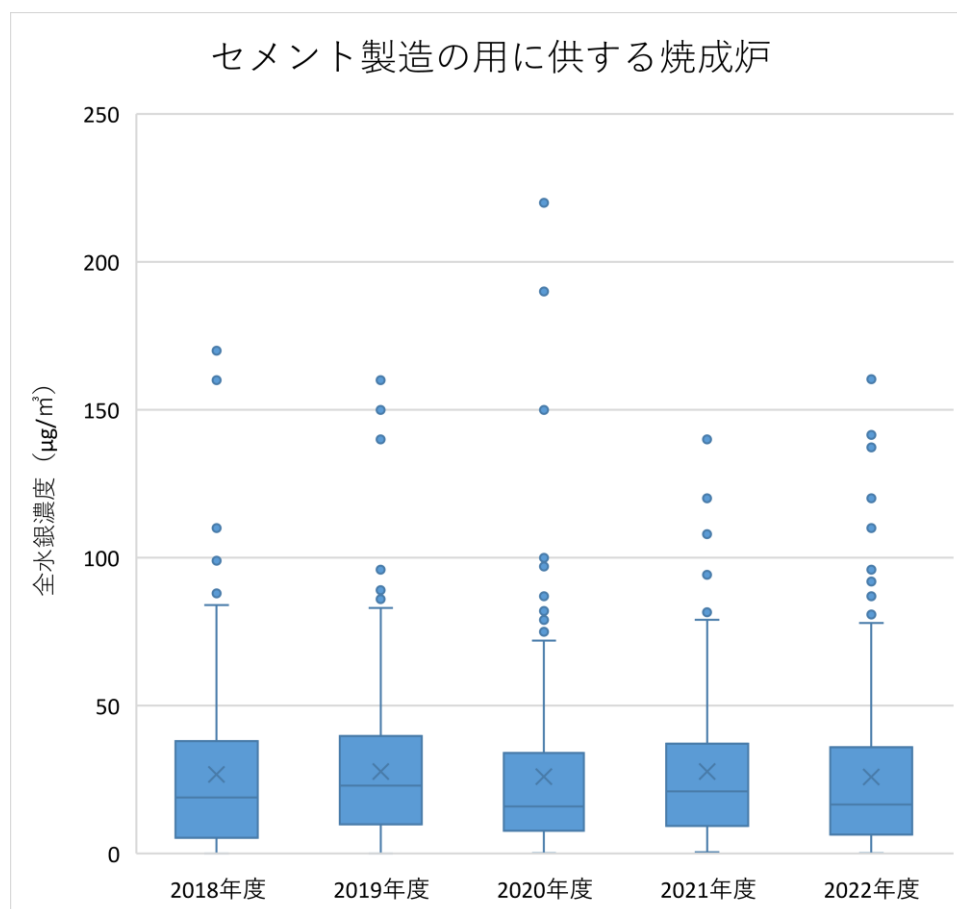


図 34 測定年度別の排ガス中水銀濃度の推移②（セメント製造の用に供する焼成炉）

<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。

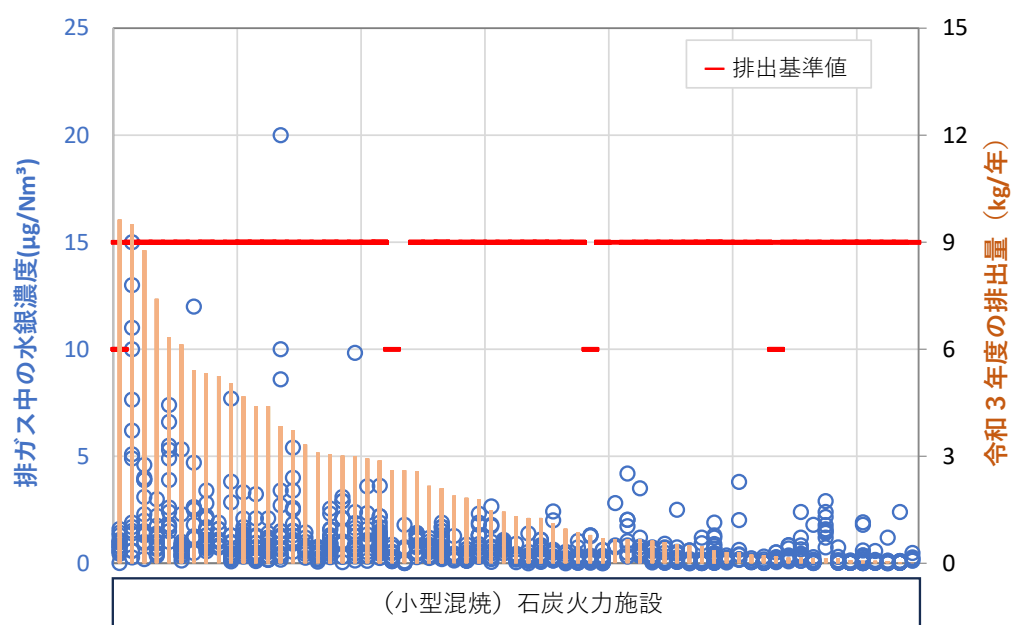


図 35 施設ごとの平成 30 年度～令和 4 年度の排ガス中水銀濃度と令和 3 年度の水銀排出量（小型混焼石炭火力発電所）

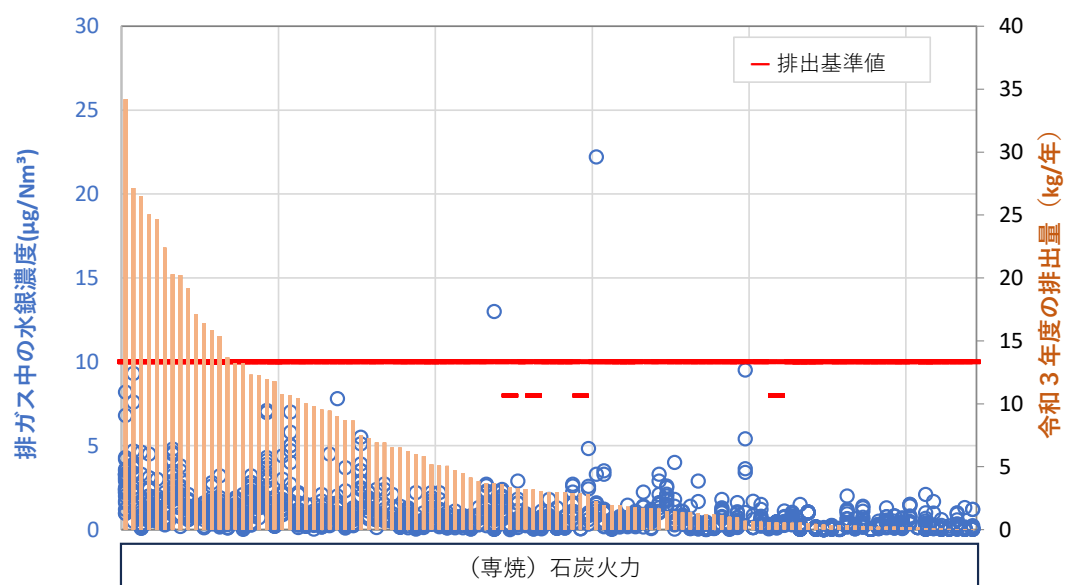


図 36 施設ごとの平成 30 年度～令和 4 年度の排ガス中水銀濃度と
令和 3 年度の水銀排出量（専焼石炭火力発電所）

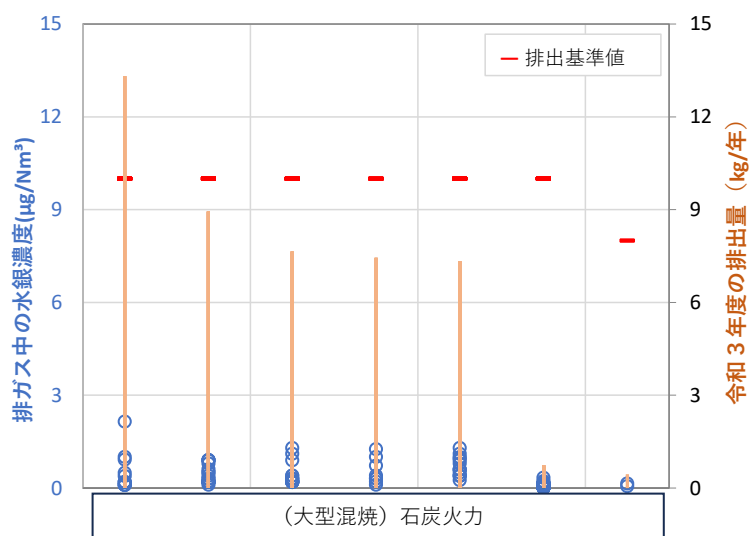


図 37 施設ごとの平成 30 年度～令和 4 年度の排ガス中水銀濃度と
令和 3 年度の水銀排出量（大型石炭混焼石炭火力発電所）

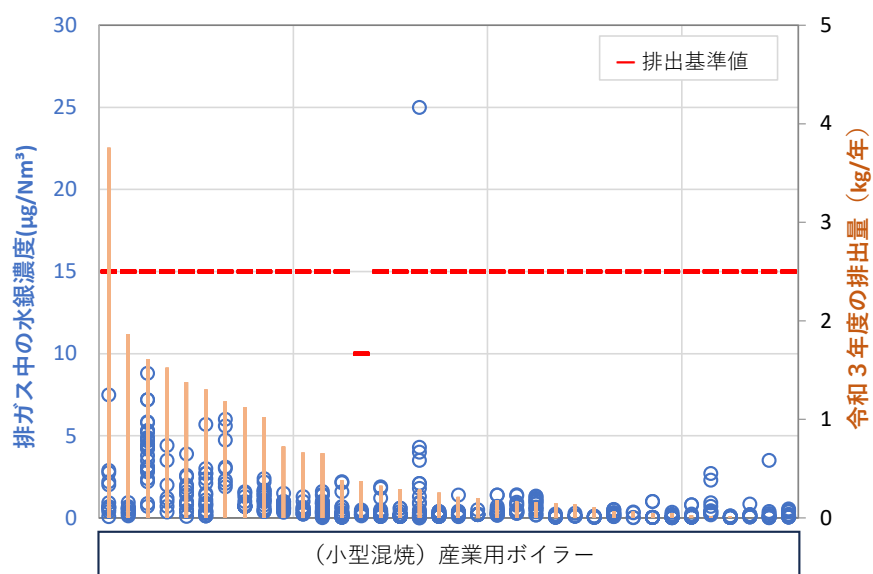


図 38 施設ごとの平成 30 年度～令和 4 年度の排ガス中水銀濃度と
令和 3 年度の水銀排出量（小型混焼 産業用石炭燃焼ボイラー）

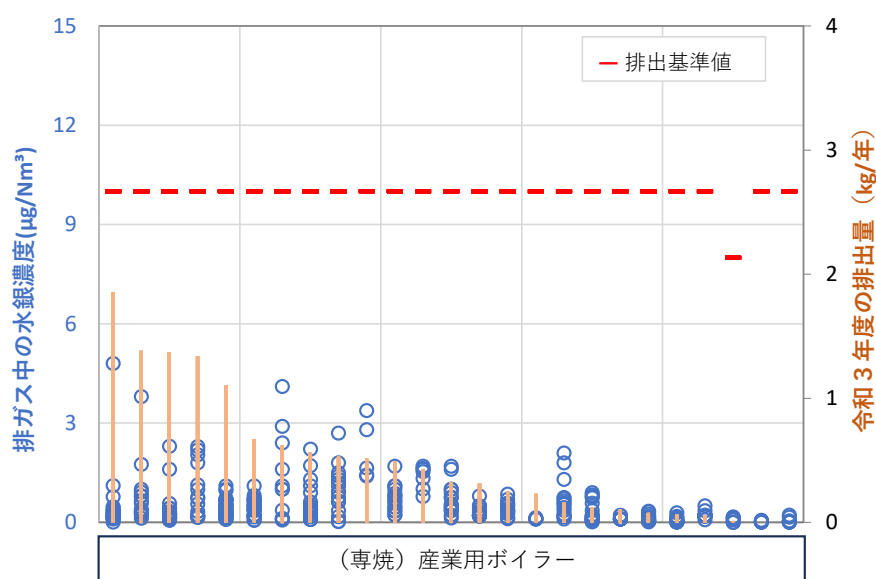


図 39 施設ごとの平成 30 年度～令和 4 年度の排ガス中水銀濃度と
令和 3 年度の水銀排出量（石炭専焼 産業用石炭燃焼ボイラー）

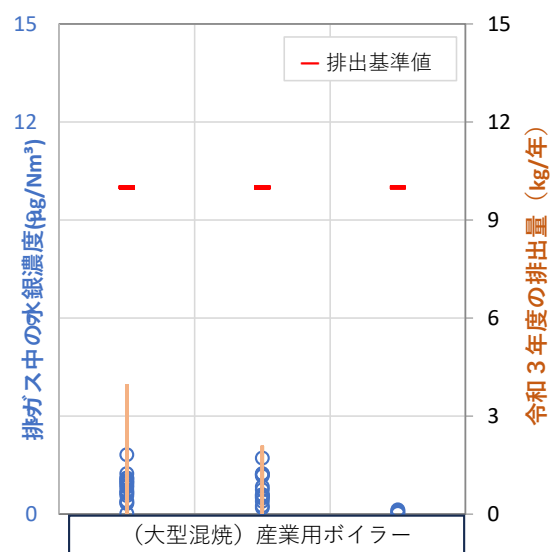


図 40 施設ごとの平成 30 年度～令和 4 年度の排ガス中水銀濃度と
令和 3 年度の水銀排出量（大型石炭混焼 産業用石炭燃焼ボイラー）

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は、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 発生源種類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%

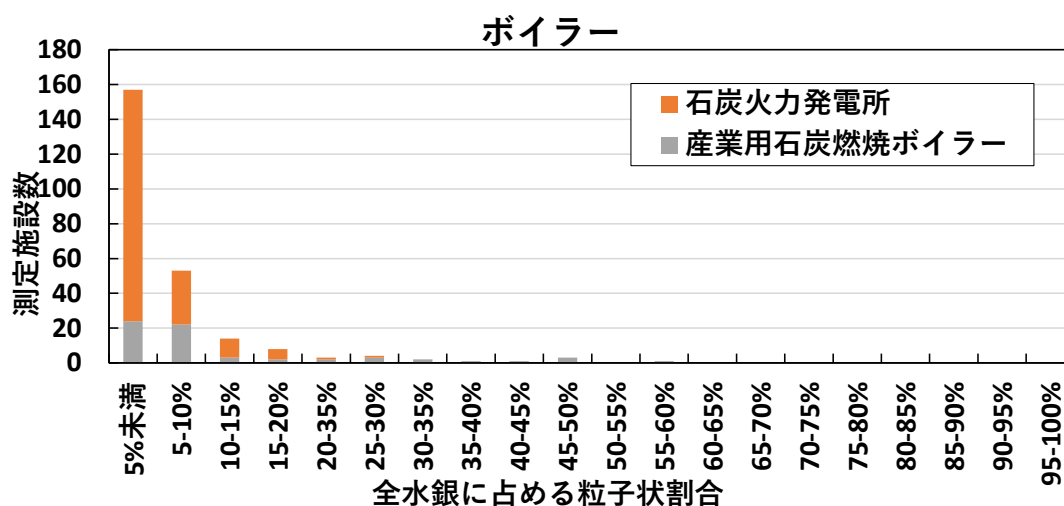


図41 全水銀に占める粒子状水銀割合の分布
(石炭火力発電所/産業用石炭ボイラー)

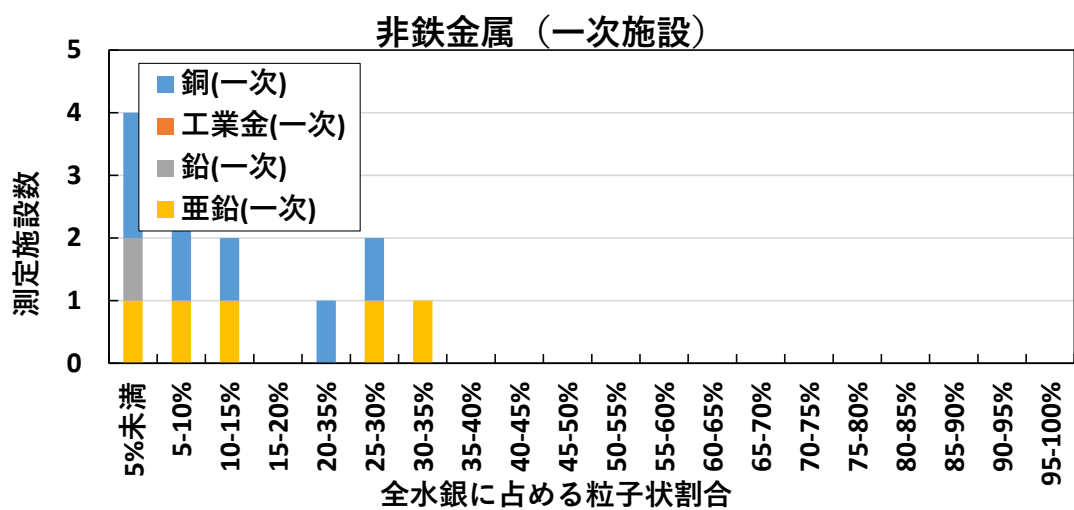


図 42 全水銀に占める粒子状水銀割合の分布
(非鉄金属製造（一次施設）)

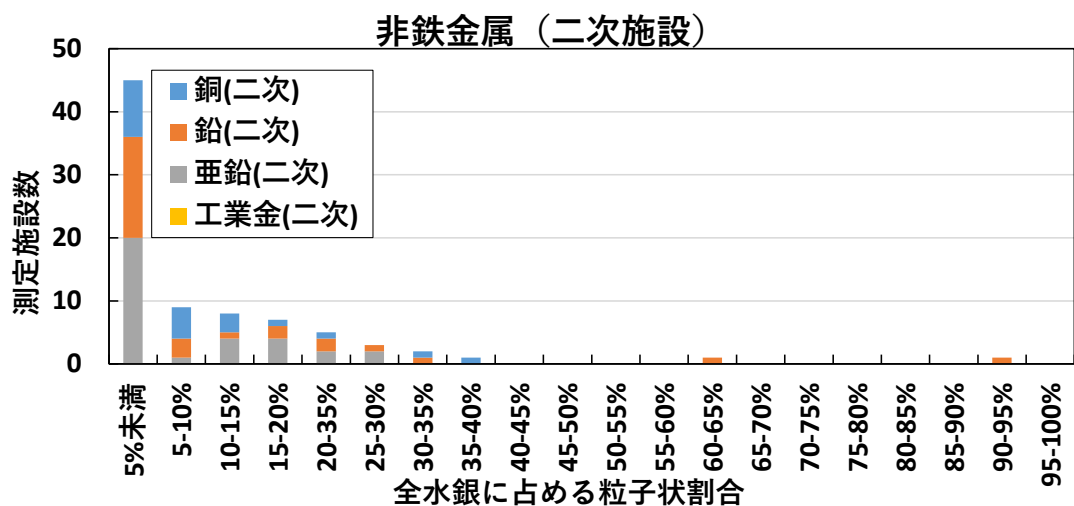


図 43 全水銀に占める粒子状水銀割合の分布
(非鉄金属製造（二次施設）)

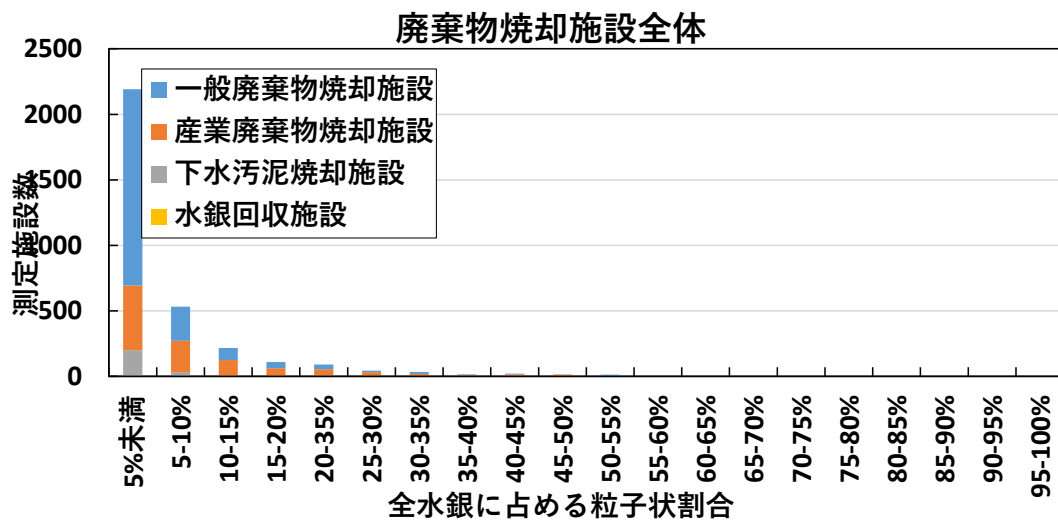


図 44 全水銀に占める粒子状水銀割合の分布
(廃棄物焼却施設)

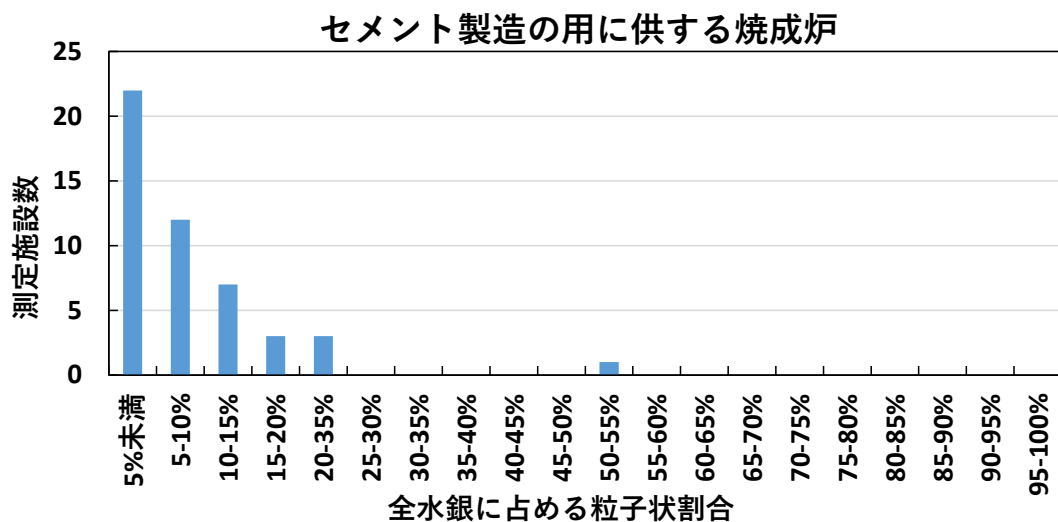


図 45 全水銀に占める粒子状水銀割合の分布
(セメント製造の用に供する焼成炉)

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。

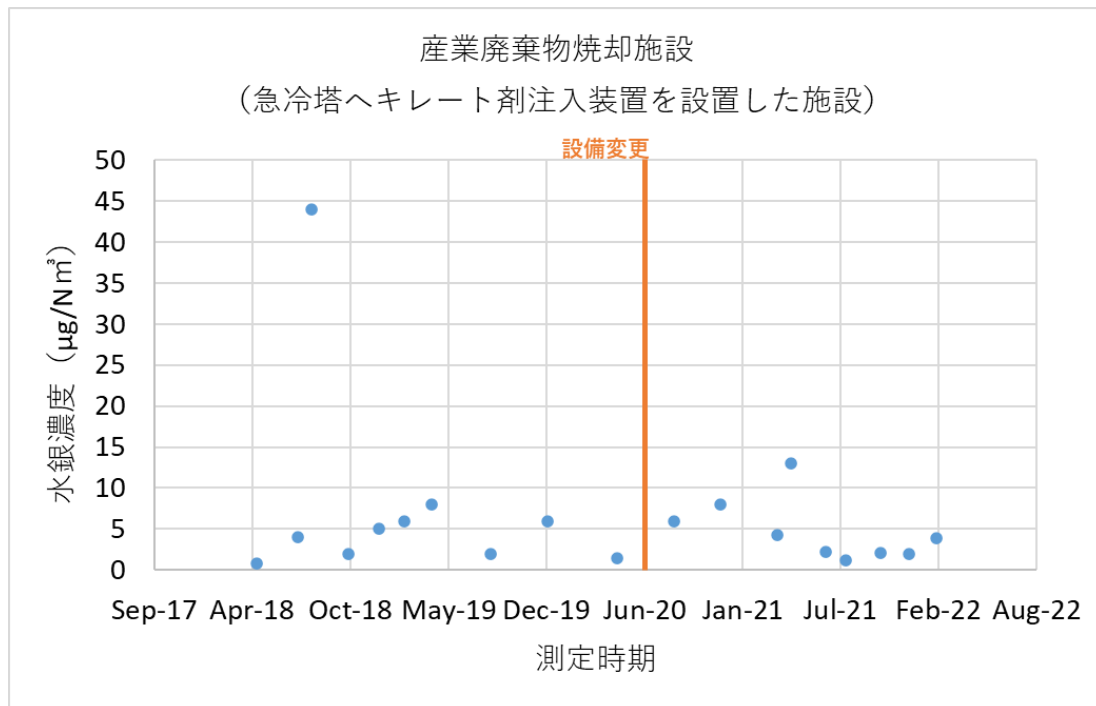


図 46 <解析事例>産業廃棄物焼却施設（急冷塔へキレート剤注入装置を設置した施設）
における排ガス中水銀定期測定結果の推移

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.jppower.co.jp/news_release/2023/10/news231031_2.html)

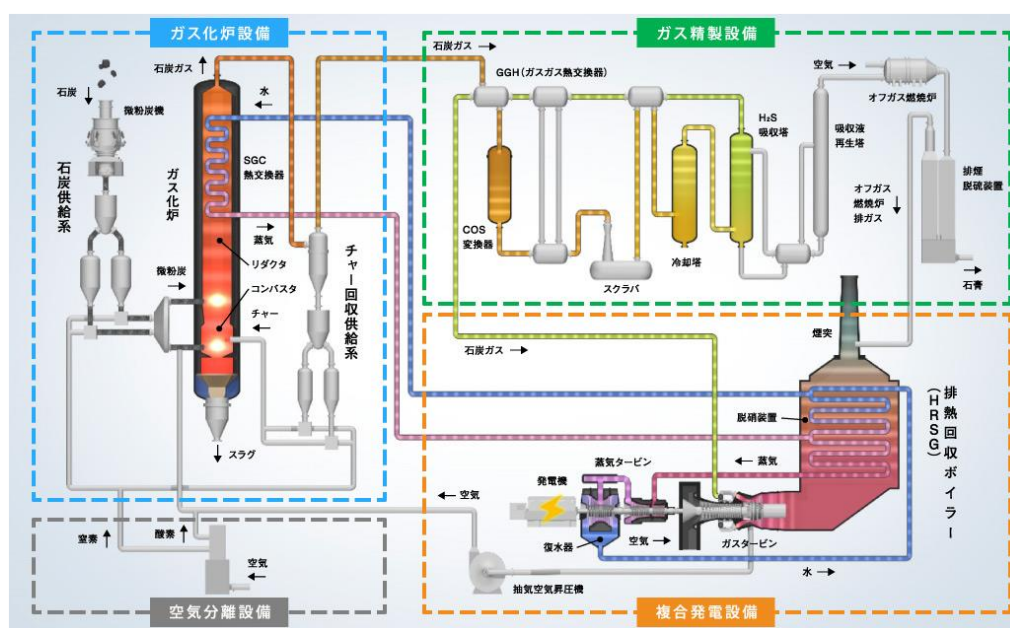


図 47 空気吹き IGCC 施設のフロー図

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。

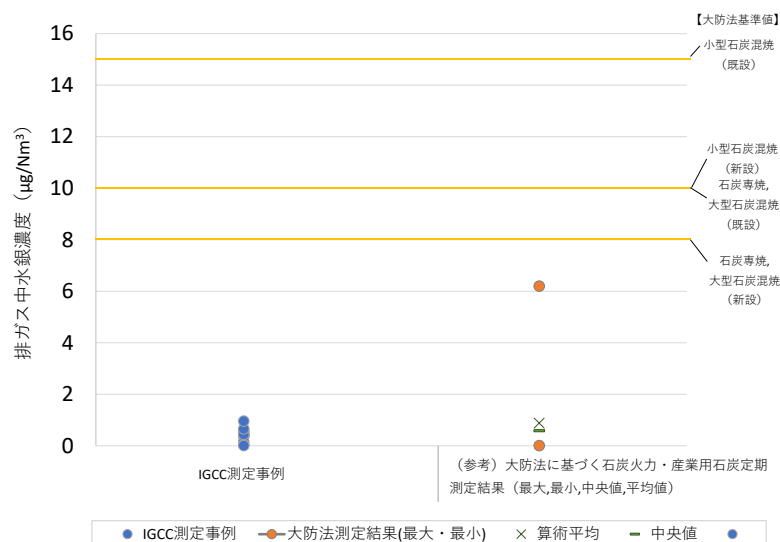


図 48 排ガス中水銀濃度の比較（IGCC 施設、石炭火力発電所及び産業用石炭燃焼ボイラー）

(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

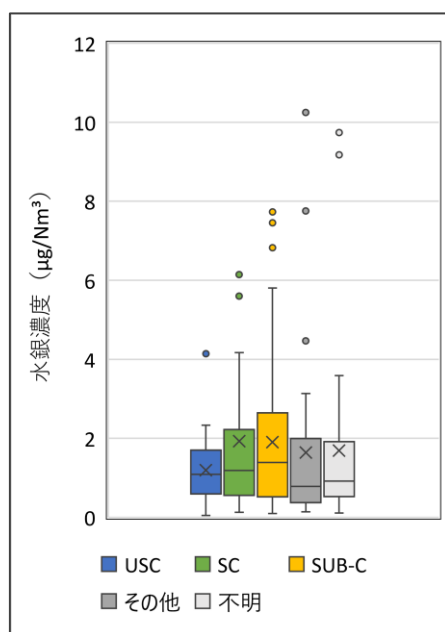
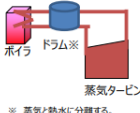
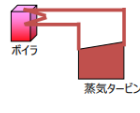
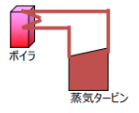
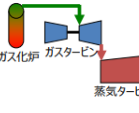
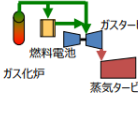


図 49 石炭火力の発電技術別の水銀濃度（平成 30 年度～令和 4 年度実績）

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・圧力を上げることで効率向上。	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	 ※ 蒸気と熱水に分離する。				
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、全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。

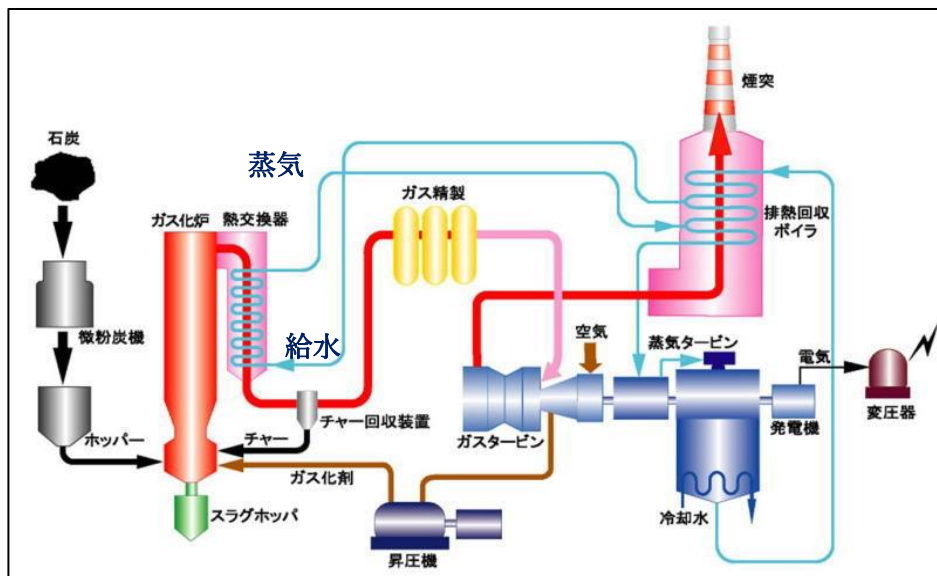


図 51 空気吹き IGCC システムの概略図

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。

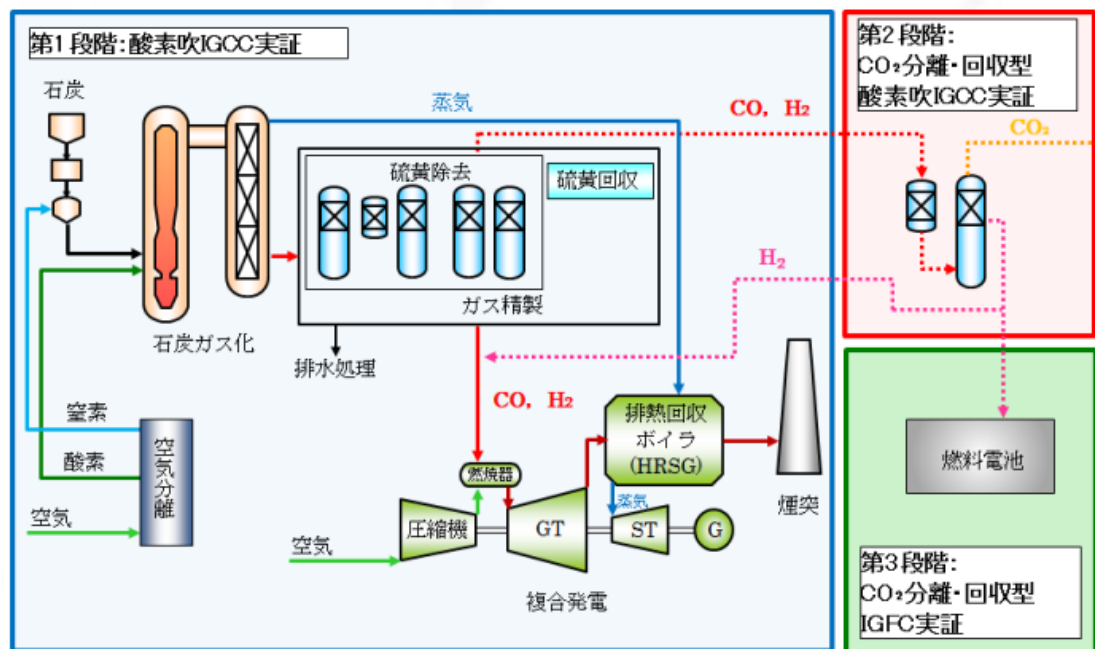


図 52 石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC 施設）実証事業の概要

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。

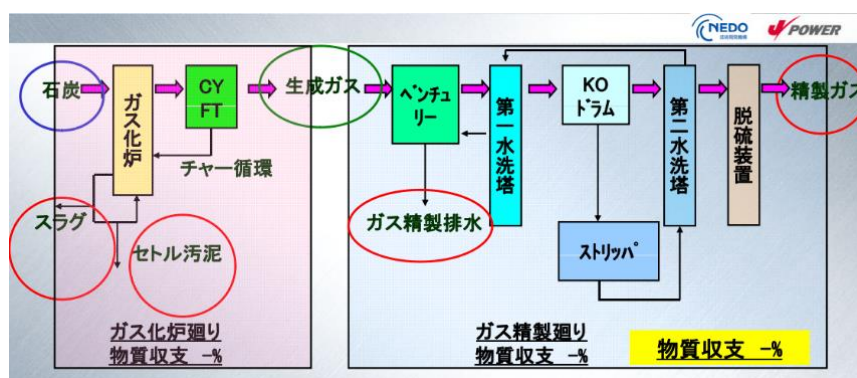


図 53 微量物質挙動調査におけるフロー図

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>)

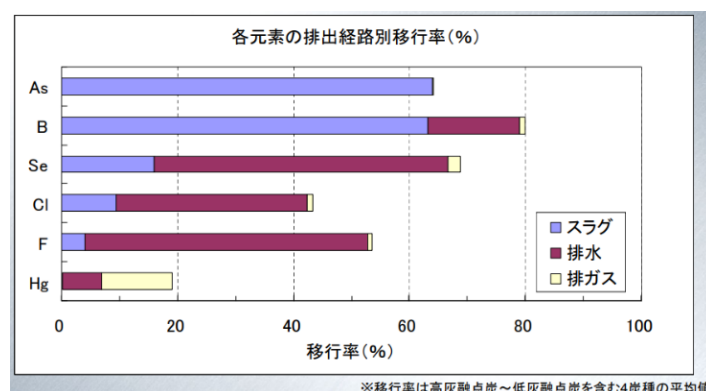


図 54 各元素の排出経路別移行率

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 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ に対して $0.0018\text{mg}/\text{m}^3$ 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 1 t/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
		鉛又は亜鉛	
	二次施設	銅、鉛又は亜鉛	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
		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。

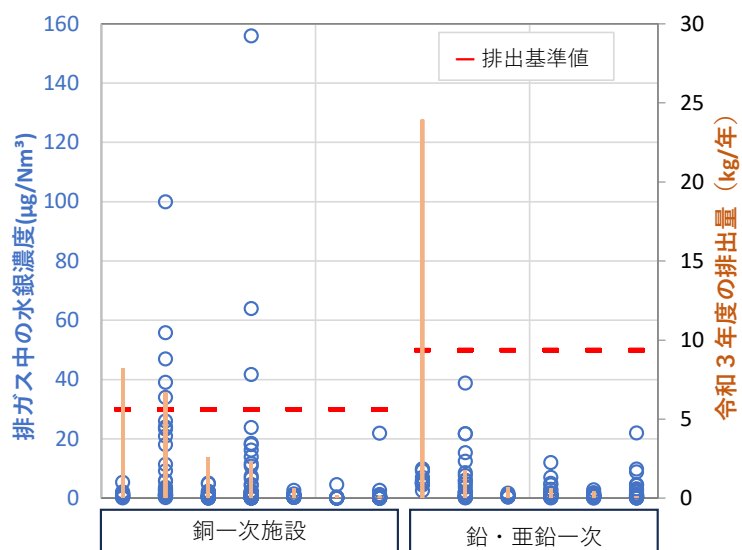


図 55 施設ごとの平成 30 年度～令和 4 年度の排ガス中水銀濃度と
令和 3 年度の水銀排出量（非鉄一次施設）

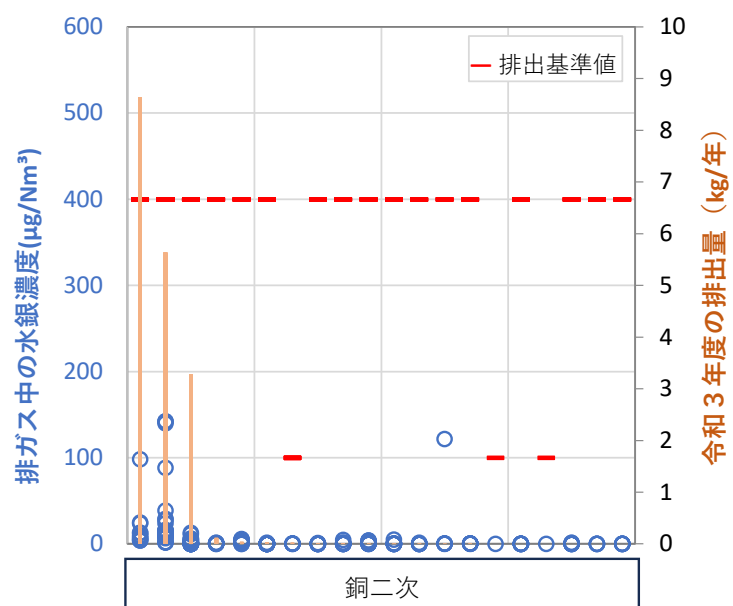


図 56 施設ごとの平成 30 年度～令和 4 年度の排ガス中水銀濃度と
令和 3 年度の水銀排出量（銅二次施設）

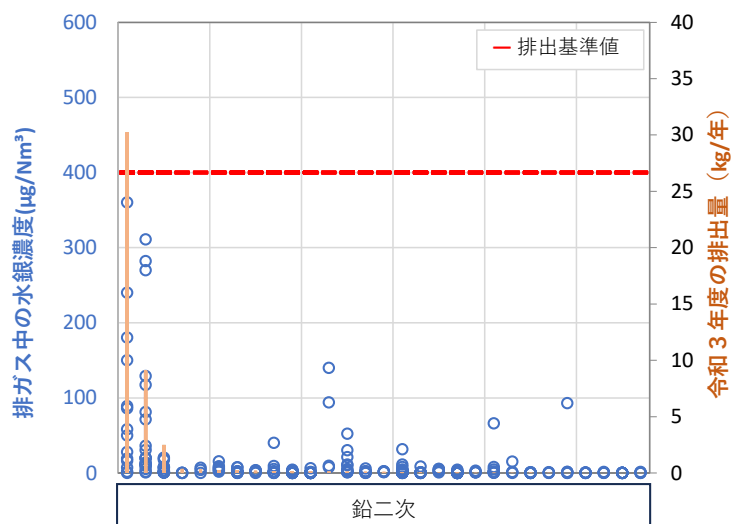


図 57 施設ごとの平成 30 年度～令和 4 年度の排ガス中水銀濃度と
令和 3 年度の水銀排出量（鉛二次施設）

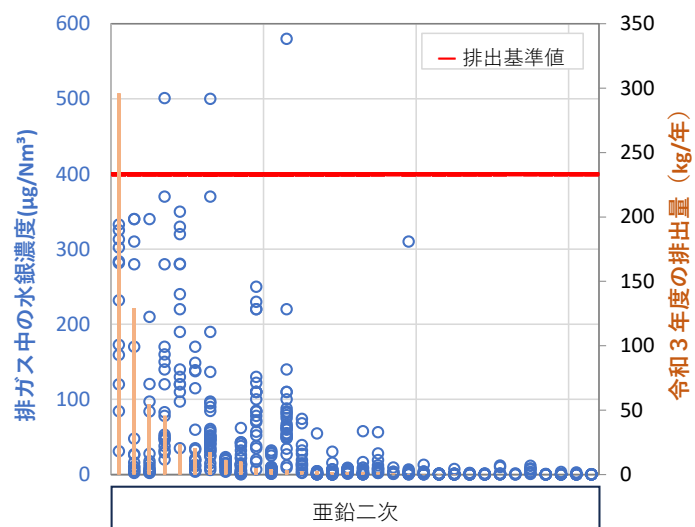


図 58 施設ごとの平成 30 年度～令和 4 年度の排ガス中水銀濃度と
令和 3 年度の水銀排出量（亜鉛二次施設）

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

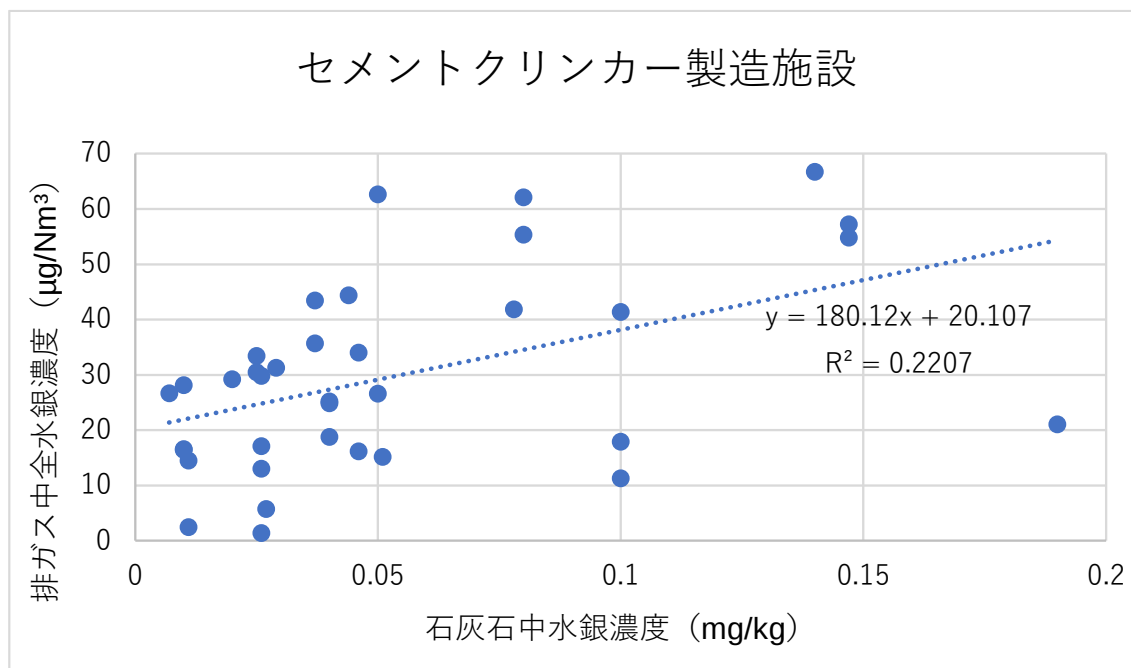


図 59 石灰石中水銀濃度と排ガス中水銀濃度の関係

※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

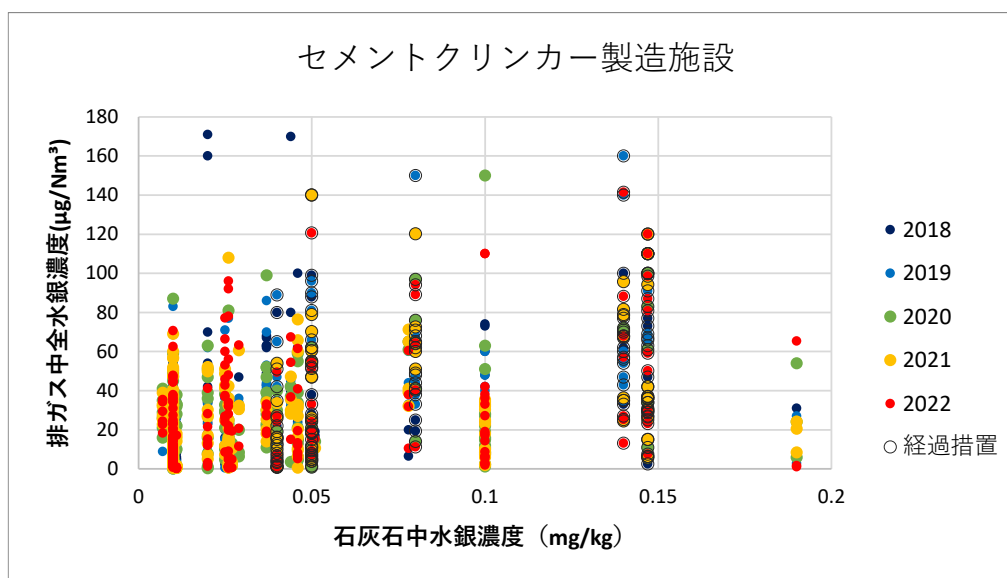


図 60 石灰石中水銀濃度と排ガス中水銀濃度の関係

※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 of 個別の結果を含む）。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。

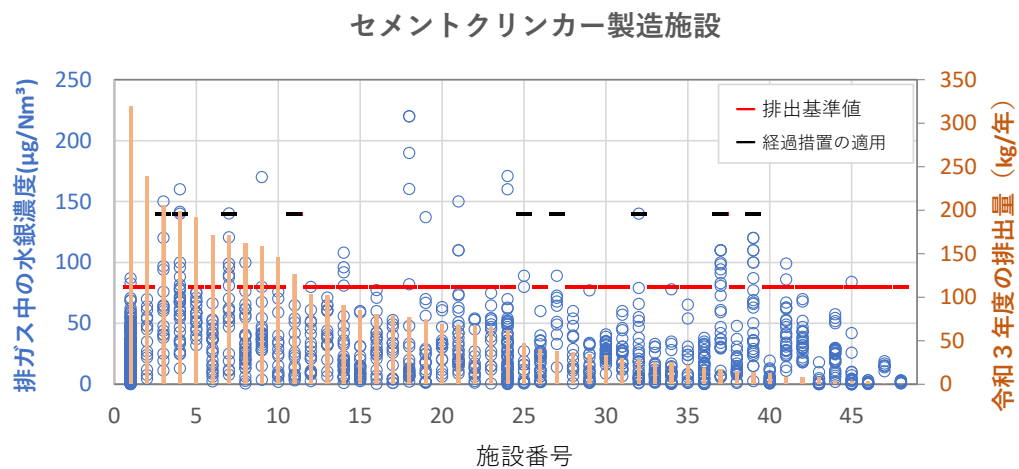


図 61 施設ごとの平成 30 年度～令和 4 年度の排ガス中水銀濃度と
令和 3 年度の水銀排出量（セメント製造施設）

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/Nm³)		
			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
		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。 ・郵送で紙媒体の様式を配付。様式は HP から入手可能。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	・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)	・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）	・(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	・(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	・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	・年間の立入検査計画を作成し、ばい煙等他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。 ・毎年ほぼ全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全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	・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全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	・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	・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)	・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。	・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	・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。

【参考資料４】

令和 3（2021）年度水銀大気排出インベントリー

分類	項目			2021 年度（ton-Hg/年）（注1）
条 約 附 属 書 D 対 象	石炭火力発電所			0.82
	産業用石炭燃焼ボイラー			0.028
	非 鉄 金 属 製造施設	一次		0.048
		二次		0.82
	廃 棄 物 焼 却施設等	一般廃棄物焼却施設		1.1
		産業廃棄物焼却施設		0.45
		下水汚泥焼却施設 ²		0.12
		水銀含有再生資源及び水銀回収義務付け産業廃棄物から水銀を回収する施設（回収時に加熱工程を含む施設に限る。） ²		0.00096
セメント製造施設			3.6	
条 約 附 属 書 D 対 象 外	鉄 鋼 製 造 施設	一次製鉄	焼結炉（ペレット焼成炉含む）	2.1
			その他（高炉副生ガス由来、コークス炉副生ガス由来）	0.13
		二次製鉄	製鋼用電気炉	0.57
	石油精製施設			0.096
	石油・ガス生産施設			0.000050
	石 油 等 の 燃 焼	石油火力発電施設		0.0024
		LNG 火力発電所		0.00076
		産業用ボイラー（石油系）		0.0017
		産業用ボイラー（ガス系）		0.00073
	生産プロセスに水銀または水銀化合物を使用する施設 ^{1,3}			N.O.
	水 銀 使 用 製 品 廃 棄 物 の 中 間 処理施設 ⁴	加熱工程を含まない施設 [うち、蛍光ランプ回収・破碎施設]		< 0.000013 [0.0000022]
		水銀回収時に加熱工程を含む施設		0.000015
	水 銀 使 用 製 品 製 造 施設	バッテリー製造施設 ^{1,5}		N.E.
		水銀スイッチ・リレー製造施設 ⁷		N.O.
		ランプ類製造施設 ⁶		0.0020
		石鹼及び化粧品製造施設 ^{1,7}		N.O.
		殺虫剤及び殺生物剤（農薬）製造 ^{1,7}		N.O.
		水銀血圧計製造施設 ^{1,7,8}		N.O.
		水銀体温計製造施設 ^{1,7}		N.O.
		歯科用水銀アマルガム製造施設 ^{1,7}		N.O.
		チメロサル製造施設 ^{1,7}		N.O.
		銀朱製造施設		0.0000046
	その他 ⁹	石灰製品製造		0.042
		パルプ・製紙（黒液）		0.037
		カーボンブラック製造		0.024
		火葬		0.078
		運輸 ¹⁰		0.051
		バイオマス燃焼を用いた電力・熱供給施設		0.027
フェロアロイ製造施設 ¹¹		0.16		
自然由来	火山			> 1.4
合計※()は自然由来を除いたもの				11.6 (10.3)

注 1：条約附属書 D 対象発生源については、2019 年度のインベントリー推計から、大気汚染防止法に基づき定期的に測定される排出ガス中水銀濃度の測定結果等を用いた排出量推計を実施している。推計方法は、対象施設ごとに年間水銀排出量を計算し、その値を積み上げる方法で推計した。

注 2：活動量等は、原則として 2021 年度（2021 年 4 月～2022 年 3 月）のデータを使用している。

注 3：発生源別の大気排出量については有効数字 2 桁で表記し、合計値については小数点第 1 位まで表記した。

1 N.E.は Not Estimated(排出源の有無が不明又は排出源は存在するものの未推計)、N.O.は Not Occurring(排出源が存在しない、又は排出源は存在するものの、製造プロセスや製造施設の構造上水銀の大気への排出がない)を意味する。

2 国内法においては廃棄物焼却施設に該当しないものがあるが、廃棄物焼却施設として取り扱う。

3 我が国における全ての当該施設（次の 6 種類の施設）では既に水銀は用いられていない（平成 24（2012）年度に確認された。）。

- 塩素アルカリ製造施設、塩化ビニルモノマー製造施設、ポリウレタン製造施設、ナトリウムメチラード製造施設、アセトアルデヒド製造施設、ビニルアセテート製造施設 -

4 廃棄物の中間処理施設から、条約附属書 D 対象施設を除く。

5 我が国ではボタン型電池のみ製造に水銀が用いられており、製造プロセス上大気へ水銀を排出しない装置を使用しているとされているが、詳細な製造フローについては把握できていないため N.E.とした。

6 一般蛍光灯、バックライト、HID ランプを含む。

7 石鹼及び化粧品製造施設、殺虫剤及び殺生物剤（農薬）製造については平成 24（2012）年度に、水銀体温計製造施設、歯科用水銀アマルガム製造施設については平成 25（2013）年度に、チメロサル製造施設については平成 28（2016）年度に、水銀スイッチ・リレー、水銀血圧計製造施設については令和 3（2021）年度に、排出源がないことが確認された。

8 施設の構造上、排出口からの水銀濃度測定が困難であり、排出量の推計が不可能であることが平成 28（2016）年度に確認された。

9 過去の政府間交渉で取り上げられていないが、水銀の大気排出に蓋然性がある発生源。

10 対象はガソリン及び軽油の燃料消費（営業用）。

11 対象はフェロマンガニ製造施設及びフェロニッケル製造施設。

【参考資料 5】

諸外国の水銀規制状況

1. 調査内容

令和5年度は、EU、ドイツ、米国、カナダ、中国の水銀規制状況（排出基準、BAT 技術、測定方法等）について、下表を参考に網羅的に情報収集を行い、最新状況を整理した。

No.	国・地域	文書名等（日、英）
1	EU	利用可能な最良の技術（BAT）の参照文書 BAT Reference Document https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference （閲覧日：2023 年 11 月）
2	ドイツ	- ドイツ連邦排出規制法（BImSchV） Federal Immission Control Ordinance https://www.buzer.de/（ドイツ語） （閲覧日：2023 年 11 月） - ドイツ排出規制法の技術指導書（TA Luft） Technical Instructions on Air Control
3	米国	連邦規則集第 40 編 - Code of Federal Regulations（40CFR） - EPA, Stationary Sources of Air Pollution, Industry Sector Groups https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/industry-sector-groups （閲覧日：2023 年 11 月）
4	カナダ	水銀排出に関する全カナダ基準 Canada-Wide Standards for Mercury Emissions
5	中国	中国の排出基準に関する国家基準（GB） - Environmental Standards（英語） https://english.mee.gov.cn/Resources/standards/ - 中国の環境基準 https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/（中国語） （閲覧日：2023 年 11 月）

2. 調査結果

EU、ドイツ、米国、カナダ、中国の各水銀排出施設における法規制うち、米国の石炭火力発電所の既設（8,300 BTU/lb 未満）に水銀の排出基準値の案が追加（2023 年 4 月 24 日付）、鉄鋼一貫プラントの焼結に新規、既設とも水銀の排出基準値の案（2023 年 7 月 31 日付）が追加にされていた。米国の鉄鋼一貫プラントの転炉に関しては、すでに水銀の排出基準が定められていた（2020 年 7 月 13 日改正施行）。

廃棄物焼却施設の分類については、非有害の産業ごみ（米国のみ）と下水汚泥（米国とカナダ）を追加した。米国は、既設の規制値に加えて、ガイドライン値もある（有害廃棄物・セメントキルンを除く）。州計画において法的拘束力をもつ水銀の排出基準を設定する際に

ガイドライン値と同等以上の基準を定めることが義務づけられていることから、これらガイドライン値も脚注に記載した。

バイオマスを燃料とする発電所、産業用ボイラー、廃棄物焼却施設の水銀の排出基準値についても、各国のバイオマスの定義と共に記載した。

■米国の石炭火力発電所（8,300 BTU/lb 未満の既設）

これまでの基準値は 0.04 lb/GWh（約 7.0 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ）であったが、2023 年 4 月 24 日付けで 0.013 lb/GWh への変更が案として出された。

■米国の鉄鋼一貫プラントの焼結（新設・既設）

これまで米国の鉄鋼一貫プラントの焼結に水銀の排出基準値は設定されていなかったが、2023 年 7 月 31 日付で新設に 0.000012 lbs/焼結 t、既設に 0.000035 lbs/焼結 t の基準値が追加提案された。同プラントの転炉は新設に 0.000081 lb/鉄スクラップ投入 t、既設に 0.00026 lb/鉄スクラップ投入 t の基準値が 2020 年 7 月 13 日の改正施行で定められている。

■各国の連続測定への対応

- ・ドイツでは、石炭火力ボイラーやセメントクリンカ製造施設で、連続測定の基準が設けられているが、要請に応じて、水銀の排出濃度が規定の規準値未満であるとき、連続測定を免除することができる。
- ・EU では、石炭火力発電と産業用石炭燃焼ボイラーは、規模が大きい（ $\geq 300 \text{ MWth}$ ）と連続測定が義務となるが、中規模では定期測定（バッチ式）となる。非鉄金属生産施設およびフェロアロイ施設は連続測定又はバッチ式のどちらかを選択することができる¹。
- ・米国では、一部の発生源において連続測定又は吸着トラップによる測定が義務づけられている。連続測定の技術の向上のために、2003 年から 2005 年の間に Hg CEMS（連続測定法）の広範な実証試験と適切な性能パラメータの特定を行い、その後 Hg CEMS は、2015 年（ポルトランドセメント NESHAP の改正と同時に）に再提案された²。また連続測定によるモニタリングには、校正ガスによる標準が必要でありそのプロトコルも作成されている。

⇒EU やドイツでは、排出量の少ないものは連続測定が免除される等、より排出を規制した施設について連続測定が使用されている。また米国では、連続測定の精度の改善に取り組んでおり、連続測定に前向きであると考えられる。

■ドイツにおける 2021 年度の排出基準値変更の経緯

TA Luft が 2021 年に改正される前は、2002 年からの基準値であり、そこから 20 年が経過

¹ <https://www.epa.gov/emc/emc-metals-and-mercury-emissions-monitoring>

² EMC: 金属および水銀排出監視 | 米国環境保護庁(EPA)

している。2021 年の TA Luft には、20 年の間に進歩した技術の現状を把握して、BAT に関する多数の欧州新基準などを発効した欧州連合指令の要件も加味している³。また、TA Luft には、水銀の排出削減のための規制が最新の技術状況に適合される必要があることが記載されている。⁴

3. 令和 5 年度における日本と諸外国の比較

令和 5 年度における日本と諸外国の排出基準値を比較した。日本と諸外国では、水銀測定方法や、排出基準値に適用させる測定値の算出方法も異なるため、比較において留意が必要である。

³ <https://www.taylorwessing.com/de/insights-and-events/insights/2021/10/novellierung-der-ta-luft>

⁴ https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2020/0701-0800/767-20.pdf?__blob=publicationFile&v=1

項目		排出基準値 (μg/Nm³)													
		日本		EU		ドイツ		米国*1		中国*2		カナダ			
		新規	既存	新規	既存	新規	既存	新規	既存	新規	既存	新規	既存		
石炭火力発電所		8～10	10～15	(年平均) 1～5 大規模の場合(連続) 年平均；1～4	(年平均) 1～10 大規模の場合(連続) ；1～7	(連続) 1日平均；20 年平均；1～2	(連続) 年平均；4～10	(連続又はトラップ) 約0.5～7.0	(連続又はトラップ) 約1.9～7.0	30	〃	(連続)年平均3～15 又は75～85%の捕集率	水銀捕集率を国全体で80%以上		
産業用石炭燃焼ボイラー								約1.4～39	約9.5～39	50	〃	－	－		
非鉄金属 一次施設	銅	15	30	(年平均)又は(連続) 10～50	〃 (新規と同一)	(連続) 1日平均;10 又は0.05g/h	－	案：約0.44g/h (主要発生源)	案：約1.95g/h (主要発生源)	12	〃	1g/(金属製品総生産量)t	2g/(金属製品総生産量)t		
	工業金									－	－	－	－		
	鉛	30	50					－	－	50	〃	0.2g/(金属製品総生産量)t	2g/(金属製品総生産量)t		
	亜鉛														
非鉄金属 二次施設	銅	100	400			(連続) 1日平均；50	－	－	－	－	－	50 (圧延・加工製品を除く)	〃	－	－
	鉛					(連続) 1日平均;10 又は0.05g/h	－								
	亜鉛														
	工業金	30	50			－	－								
廃棄物焼却施設等	一般廃棄物焼却施設	30	50	(連続) 1日平均又は3測定平均； <5～20、 2～4週間平均；1～10	〃	(連続) 30分平均；50、 1日平均；30 年平均；10	(連続) 30分平均；50、 1日平均；30 年平均；10(熱投入量 50MW超)	約54～86 又は水銀排出削減率85%	〃	50	〃	約22*3	〃		
	産業廃棄物焼却施設*4				〃			約0.6～15	約0.6～140		〃	約22～55*3	〃		
	下水汚泥焼却施設			－	－	－	－	約1.1～161	〃	－	－	約76*3	〃		
	水銀含有汚泥等の焼却炉等		50	100											
セメント製造施設	廃棄物を投入	50	80 (～140)	(連続) 1日平均又は3測定平均； <5～20、 2～4週間平均；1～10	〃	(連続) 30分平均；50 1日平均；30 遵守困難施設： 30分平均；100 1日平均；50	〃	約129 (及び有害物投入制限1.9 ppmw)	約129 (及び有害物投入制限3.0 ppmw)	50	〃	－	－		
	クリンカ製造施設			<50	〃	(連続) 30 遵守困難施設；50 (1日平均)	〃	9.5kg/クリンカ100万t	約24.9kg/クリンカ100万t	50	〃	－	－		

*1：単位換算方法（石炭火力発電所・産業用石炭燃焼ボイラー）理論燃焼時の投入熱量あたり排ガス量 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）
（廃棄物焼却施設）1 dscm（20℃、1 気圧の大気）＝0.931741 Nm3 として換算。dscm: dry standard cubic meter, http://toolkit.pops.int/Publish/Annexes/A_06_Annex06.html
（セメントクリンカ）1 lb＝0.45359237 kg として換算。

*2：排ガスの測定方法は冷原子吸光光度法

*3： Rm3（25℃、1 気圧の大気）＝0.916107 Nm3 として換算。

*4：有害廃棄物・医療系廃棄物も含む

・施設規模等の条件で複数の基準値がある場合は範囲で記載。赤字：連続測定。「〃」：新規施設と同一。「-」：規制なし、単位記載のないものは（μg/Nm³）。

4. 平成 30 年から令和 5 年度までの主な変更点

平成 30 年時点の上記諸外国の水銀規制状況から、令和 5 年度にかけて規制を変更した点について整理を行った。

■石炭火力発電所

国	変更点	平成 30 年度時点	令和 5 年度時点	変更年
ドイツ	排出基準値の施設規模の設定	【熱投入量$\geq$50MWth】 50 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (30 分平均) 30 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (1 日平均) 10 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (年平均)	【熱投入量 50 MWth 以上 300 MWth 未満】 2 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (年平均) 20 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (1 日平均) 【熱投入量$\geq$300 MWth】 1 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (年平均) 20 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (1 日平均)	令和 3 年
カナダ	新たに排出規制を設定	水銀捕集率を国全体で 80%以上 (2017 年以前は、70%以上)	水銀捕集率を国全体で 80%以上 3–15 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 又は、75%–85%の捕集率 (石炭種ごとに異なる)	令和 3 年
米国	排出基準 (8,300 BTU/lb 未満の既設)	0.04 lb/GWh	0.04 lb/GWh (案 0.013 lb/GWh) ⁵	(案提出) 令和 5 年

■産業用石炭ボイラー

国	変更点	平成 30 年度時点	令和 5 年度時点	変更年
米国	施設規模	主要排出源 <備考> Method 29 (最低試料量 4dscm)	主要排出源：熱投入量 10 MMBTU/時以上 <備考> Method 29(最低試料量は主要排出源が 4dscm、非主要排出源が 2dscm)	令和 元年

⁵ EPA は褐炭（低品質の石炭）が他種の石炭と同じ基準を提案している。8,300Btu/lb 未満は低品質の石炭用設備として規定（40 CFR 63.10042）

国	変更点	平成 30 年度時点	令和 5 年度時点	変更年
ドイツ	施設規模区分と排出基準	【熱投入量$\geq$50 MWth】 (新設・既設) 50 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (30 分平均) 30 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (1 日平均) (新設) 10 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (年平均)	【熱投入量$\geq$ 50 MWth 以上 300 MWth 未満】 (新設) 20 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (1 日平均) 2 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (年平均) (既設・石炭)5 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (年平均) (既設・褐炭)10 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (年平均) 熱投入量 $\geq$ 300 MWth (新設) 20 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (1 日平均) 1 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (年平均) (既設・石炭) 4 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (年平均) (既設・褐炭)5 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (年平均)	令和 3 年
中国	施設規模	既設の全ての施設 (50 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	既設の出力 65 t/時以下 (50 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	令和 元年

■ 非鉄金属生産施設

国	変更点	平成 30 年度時点	令和 5 年度時点	変更年
米国	排出基準案の有無	排出基準なし (銅・亜鉛・鉛)	銅における一次製錬施設の乾燥設備、転炉、粗銅の精製炉、溶鋳炉 (案：約 0.44 g/時)	令和 4 年
ドイツ	鉛・銅・亜鉛以外の冶金、化学、または電解プロセスによる鋳石、濃縮物、または二次原料からの非鉄粗金属の生産における規制の有無	排出基準なし	10 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 又は 0.05g/時(1 日平均)	令和 3 年
	排出基準の変更	(鉛) 50 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 又は 0.25 g/時 (銅・亜鉛)	(鉛) 10 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 又は 0.05g/時 (銅・亜鉛)	令和 3 年
		50 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 又は 0.25 g/時	10 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 又は 0.05g/時	

■廃棄物焼却施設

医療廃棄物

国	変更点	平成 30 年度時点	令和 5 年度時点	変更年
中国	排出基準の変更	(新設) 100 µg/Nm ³	(新設・既設) 50 µg/Nm ³ (8 時間以内に行う 3 測定以上の平均値)	令和 3 年

有害廃棄物

国	変更点	平成 30 年度時点	令和 5 年度時点	変更年
EU	排出基準の変更	(既設) 5-20 µg/Nm ³	(既設) 5-20 µg/Nm ³ (1 日平均又は 3 測定平均) 1-10 µg/Nm ³ (2~4 週間平均)	令和 2 年
中国	排出基準の変更	(新設) 100 µg/Nm ³ (既設) 排出基準なし	(新設) 50 µg/Nm ³ (既設) 50 µg/Nm ³ (3 測定以上の平均値)	令和 3 年

■セメント製造施設

セメントクリンカ製造施設

国	変更点	平成 30 年度時点	令和 5 年度時点	変更年
ドイツ	排出基準の変更	改正案 30µg/Nm ³ セメントクリンカ又はセメントを生産する施設	施行 30µg/Nm ³ セメントクリンカ又はセメントを生産する施設	令和 3 年

■その他の施設

鉄鋼製造施設（焼結プラント）

国	変更点	平成 30 年度時点	令和 5 年度時点	変更年
ドイツ	排出基準の変更	50µg/Nm ³ 又は 0.25g/時 (1 日平均)	10 µg/Nm ³ 又は 0.05 g/時 (1 日平均)	令和 3 年

国	変更点	平成 30 年度時点	令和 5 年度時点	変更年
米国	排出基準の有無	(鉄鋼一貫プラントの焼結) 排出基準なし	(鉄鋼一貫プラントの焼結) (既設) (案 : 0.000012 lbs/焼結 t) (新設) 0.000035 lbs/焼結 t	(案提出) 令和 5 年

国	変更点	平成 30 年度時点	令和 5 年度時点	変更年
	排出基準の有無	(鉄鋼一貫プラントの転 炉) 排出基準なし	(鉄鋼一貫プラントの転 炉) (新設) 0.000081 lb /鉄スク ラップ 投入 t (既設) 0.00026 lb/ 鉄スク ラップ 投入 t	令和 2 年

1. 諸外国の水銀排出基準一覧（令和 5 年 11 月時点）

※令和元年以降の変更部分に黄色マーカー

令和 5 年度の変更部分に水色マーカー

令和 4 年度報告からの加筆部分に下線

(1) 石炭火力発電所等

	国	石炭種・バイオマス	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	石炭 ⁶	熱投入量 50 MWth 以上 300 MWth 未満 ⁷	<1-3 µg/Nm ³	1 年平均 ⁸	6%	水 銀 及 び 水 銀 化 合 物	年 4 回の定期測定（EN13211） ⁹
			熱 投 入 量 ≥ 300 MWth	<1-2 µg/Nm ³	1 年平均			連続測定（EN 共通基準及び EN14884） ¹⁰
		褐炭	熱投入量 50 MWth 以上 300 MWth 未満	<1-5 µg/Nm ³	1 年平均 ⁸			年 4 回の定期測定（EN13211） ⁴
			熱 投 入 量 ≥ 300 MWth	<1-4 µg/Nm ³	1 年平均			連続測定（EN 共通基準及び EN14884） ⁵
		バイオマス ¹¹ (専 焼) 又は泥炭	全施設	<1-5 µg/Nm ³	測定期間の 平均	6%	水 銀 及 び 水 銀 化 合 物	1 年に 1 回 ¹² EN 13211
	米国	石 炭 ≥ 8300	—	0.003 lb/GWh	1 時間平均 ¹⁵		全 ガ ス 状	連続排出モニタリングシステム

⁶ 原文は coal(石炭)。石炭は無煙炭、瀝青炭、亜瀝青炭、褐炭までの範囲である。EU 2017/1442 では、lignite(褐炭) に別途、排出基準があるため、ここで言う石炭は、無煙炭・瀝青炭・亜瀝青炭のことである（<https://coal.jogmec.go.jp/content/300366634.pdf> 参照）。

⁷ 定格熱投入量 50 MWth 以上は総定格熱投入量。1 炉当りの定格熱投入量は 15 MWth 以上（(EU) 2017/1442 SCOPE）。

⁸ 4 回の定期測定で得た値の年間平均

⁹ 排出水準が十分に安定していると証明された場合、環境に影響を与える可能性のある燃料や廃棄物の変更がある時に、その都度定期測定を実施することが可能であるが、少なくとも年 1 回は実施する。廃棄物との混焼焼却の場合、モニタリングの頻度は意思決定における市民参加（IED の附属書 VI 第 6 部）も考慮する必要がある。年間の稼働時間が 1,500 時間未満の場合、年 1 回にすることができる。

¹⁰ 排出水準が十分に安定していると証明された場合、環境に影響を与える可能性のある燃料や廃棄物の変更がある時に、その都度定期測定を実施することが可能であるが、少なくとも半年に 1 回は実施する。連続サンプリングと積算測定法（吸着捕集など）を組み合わせることも可能である。

¹¹ Directive 2010/75/EU の第 3 条の 31 で定義される。植物原料による農作物又は林産物、農林業・食品産業からの植物性廃棄物、パルプ製造からの繊維状の植物性廃棄物でエネルギー回収できるもの。コルクくず、廃材（防腐処理又は塗装に伴う有機ハロゲン化合物又は重金属を含む可能性のある廃材、特に建設や解体廃棄物からの廃材を除く）。

¹² 燃料中の水銀含有量が低い場合排出レベルが十分に安定していることが証明されれば、燃料特性の変化が排出に影響を及ぼす可能性がある場合にのみ、定期的な測定を実施することができる。

¹⁵ 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)）

	国	石炭種・バイオマス	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）
		BTU/lb (≥ 19.3 MJ/kg) ¹³		(約 0.5 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) ¹⁴		7% ¹⁶	水銀	(CEMS) 又は吸着剤トラップモニタリングシステム
		石炭 < 8300 BTU/lb	—	0.04 lb/GWh (約 7.0 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) ¹⁴ <u>(案 0.013 lb/GWh)¹⁷</u>				
	ドイツ	石炭 ⁶ ・褐炭 (バイオ燃料 ¹⁸ を除く)	熱投入量 50 MWth 以上 300 MWth 未満	2 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	年平均	6%	水銀及び水銀化合物	連続測定 ¹⁹ 。有効な 30 分平均値の合計を 30 分平均値の数で除す（要請に応じて、通常の管理により実際の水銀濃度が年平均及び 1 日平均基準の 50%未満であることが確実に証明できる場合、規制当局は連続測定を免除する）。
				20 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	1 日平均 ²⁰			連続測定 ¹⁹ 。30 分平均値から、1 日当りの稼働時間に基づいて 1 日平均値を計算する（要請に応じて、通常の管理により実際の水銀濃度が年平均及び 1 日平均基準の 50%未満であることが確実に証明できる場合、規制当局は連続

¹³ 1 BTU=1.0545 kJ、1 lb=0.45359237 kg として換算した。

¹⁴ 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 (dry standard cubic foot /million British thermal units)、米国における代表的な発電効率 34%とし、1 dscf=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）

¹⁶ 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）

¹⁷ EPA は褐炭（低品質の石炭）が他種の石炭と同じ基準を提案している。8,300Btu/lb 未満は低品質の石炭用設備として規定（40 CFR 63.10042）。

¹⁸ バイオ燃料は、植物原料又はその一部から作られた農作物又は林産物、農林業・食品産業からの植物性廃棄物、林業から発生する木材と同等の自然かつ無害な木材、天然パルプ製造からの繊維状の植物性廃棄物や黒液、コルクくず、廃材（防腐処理又は塗装に伴う有機ハロゲン化合物又は重金属を含む可能性のある廃材、特に建設や解体廃棄物からの廃材を除く）。

¹⁹ 一回の連続測定値の 95%信頼区間値は、1 日平均値および年平均値の 40%を超えてはならない。測定値の 30 分平均から、校正結果によって得られた測定の不確かさを差し引いたものを 30 分、1 日、月および年平均値の補正值とする（13 BImSchV Appendix 4）。

²⁰ 連続測定の場合、30 分平均が排出基準の 2 倍を超えてはならないという規定もある（TA Luft 2.7 (a) (bb)）。

	国	石炭種・バイオマス	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）
								測定を免除する）。
			熱 投 入 量 ≥ 300 MWth	1 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	年平均	6%	水 銀 及 び 水 銀 化 合 物	熱投入量 50 MWth 以上 300 MWth 未満と同じ。
				20 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	1 日 平 均 ²⁰			
		バイオ燃料 ¹⁸	熱 投 入 量 50 MWth 以上	10 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	年平均	6%	水 銀 及 び 水 銀 化 合 物	熱投入量 50 MWth 以上 300 MWth 未満と同じ。
			熱 投 入 量 50 MWth 以上	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 日 平 均 ²⁰	6%	水 銀 及 び 水 銀 化 合 物	熱投入量 50 MWth 以上 300 MWth 未満と同じ。
	中国	石炭	出力 65 t/時超 微粉炭の場合は規模要件なし	30 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$		6%	水 銀 及 び 水 銀 化 合 物	HJ543（固定発生源の排ガス 水銀測定 冷原子吸光光度法（暫定））
	カナダ 21, 22	瀝青炭	—	3 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 又は 85%の捕集率	年平均		全 水 銀、 Hg ⁰ 、Hg ²⁺	連続測定（US 40 CFR 75 に基づく CEMS） ²³ 、化学形態別（Hg ⁰ 、Hg ²⁺ ）の測定については Ontario Hydro Method 水銀排出量は排ガス流量計（kg/h）と水銀分析装置（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）により算出。
		亜瀝青炭		8 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 又は 75%の捕集率				
		褐炭		15 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 又は 75%の捕集率				
		ブレンド		3 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 又は 85%の捕集率				
既設	EU	石炭 ⁶	熱 投 入 量 50 MWth 以上 300 MWth 未満	<1-9 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$		新設と同じ		
			熱 投 入 量 ≥ 300	<1-4 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$				

²¹ 経済的に達成可能な BAT（利用可能な最良の技術）に基づく、各設備（Unit）を対象にした水銀排出基準又は水銀捕集率。

²² 測定対象や測定方法などは モニタリング基準（MONITORING PROTOCOL IN SUPPORT OF THE CANADA-WIDE STANDARDS FOR MERCURY EMISSIONS FROM COAL-FIRED ELECTRIC POWER GENERATION PLANTS（July, 2007）https://ccme.ca/en/res/cws_mercury_monitoring_protocol_e.pdf）に従う。

²³ 過去 3 年間の水銀排出量が、複数の煙突又は 1 つの煙突において、それぞれ年間 10kg 未満、20kg 未満の低排出（LME）であると証明できる場合、2013 年以降の連続測定を免除できる。

	国	石炭種・バイオマス	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）
			MWth					
		褐炭	熱投入量 50 MWth 以上 300 MWth 未満	<1-10 µg/Nm³				
			熱投入量 ≥ 300 MWth	<1-7µg/Nm³				
		<u>バイオマス¹¹(専 焼)又は泥炭</u>	<u>全施設</u>	<u>< 1-5 µg/Nm³</u>	新設と同じ			
ドイツ	<u>石炭⁶</u>	熱投入量 50 MWth 以上 300 MWth 未満	5µg/Nm³	年平均	6%	水銀及び 水銀化合物	新設と同じ。	
		熱投入量 ≥ 300 MWth	4µg/Nm³（2025 年 7 月 15 日より 3µg/Nm³、 但し例外 ²⁴ あり）	年平均 ²⁵				
	褐炭	熱投入量 50 MWth 以上 300 MWth 未満	10µg/Nm³	年平均				
		熱投入量 ≥ 300 MWth	5µg/Nm³（2025 年 7 月 15 日より 4µg/Nm³、 但し例外 ²⁶ あり）	年平均 ²⁵				
	<u>バイオ燃料¹⁸</u>	<u>熱投入量 50 MWth 以上</u>	<u>10µg/ Nm³</u>	新設と同じ				
		<u>熱投入量 50 MWth 以上</u>	<u>5µg /m³</u>					
米国	石炭 ≥ 8300	—	0.013 lb/GWh		7%	全ガス状	低排出 EGU テスト（Method 30B	

²⁴ 2005 年のエネルギー産業法（Energy Industry Act）（2021 年改正）に従って、2025 年 7 月 15 日より前にシステム関連として指定された設備または個別の燃焼施設である場合、或いは同法の容量予備力に結びついている場合、水銀の排出基準は 4 µg /m³となる（13 BImSchV Section 28 の 3 の 4）。

²⁵ 熱投入量が 300MWth 以上の既設については、30 分平均が排出基準の 2 倍を超えてはならない（13 BImSchV Section 28 の 3 の 3）。

²⁶ 燃料の水銀含有量が 0.1mg/kg 以上、又は当該設備にはボイラーがあり、そのボイラー燃焼室での排ガス滞留時間が 4 秒以上である場合には、水銀排出値が 7 µg /m³、および 2025 年 7 月 15 日以降の年平均値が 6 µg/m³を超えてはならない。使用する燃料の水銀含有量が 0.15mg/kg 以上の場合、個別の燃焼施設の熱出力量が 1,500MW 未満の古い施設については、年間平均値が 7 µg/m³を超えてはならない（13 BImSchV Section 28 の 4）。

	国	石炭種・バイオマス	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）
		BTU/lb		(約 2.3 μg/Nm ³) ¹⁴	1 時間平均 ²⁷		水銀	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
		0.011 lb/GWh (約 1.9 μg/Nm ³) ¹⁴		同上（ただし、低排出 EGU テストは 90 日間測定）				
		石 炭 < 8300 BTU/lb	—	0.04 lb/GWh (約 7.0 μg/Nm ³) ¹⁴ (案 0.013 lb/GWh)				同上（ただし、低排出 EGU テストは 30 日間測定）
	中国	石炭	新設と同じ	同上		新設と同じ		
	カナダ 22, 28	石炭	—	〈第 1 フェーズ〉 2010 年に、全国の水銀捕集率を 60%、早期行動を含めて 70%にするため、水銀排出量の州別上限値を設定。2010 年の州別上限値の合計は 1,130kg/年 ²⁹ 。 〈第 2 フェーズ〉 2018 年およびそれ以降の水銀の補集率を	年間		全水銀、 Hg ⁰ 、Hg ²⁺	年間の水銀排出量は、排ガス流量計と水銀分析装置に基づいて算出した 1 時間当りの水銀排出量に CEMS ²³ に基づいた有効な総運転時間数 ³¹ を乗じる。(CEMS が設置されていない場合には、マスバランス ³² を使う)

²⁷ 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。測定期間が 90 日の場合は 90 日間中の 1 時間値（40 CFR 63.10021 (b)）。低排出 EGU テストについては不明。

²⁸ 2018 年の改正 Reduction of Carbon Dioxide Emissions from Coal-fired Generation of Electricity Regulations は、全ての石炭火力発電所の各設備に対して、2030 年までに二酸化炭素の排出量基準である 420 トン/GWh を満たすことを義務づけている。そのため、旧式設備は事実上廃止されることになる。<https://gazette.gc.ca/rp-pr/p2/2018/2018-12-12/html/sor-dors263-eng.html>

²⁹ 2002 年から 2004 年のモニタリング結果を基に、全国の水銀排出削減率が約 52%又は 58%（早期行動を含む場合）になるように設計。各州の上限値は次の通り。Alberta は 590kg/年、Saskatchewan は 430kg/年、Manitoba は 20kg/年、Ontario は 2010 年までに全国の水銀捕集率 60%達成に協力、New Brunswick 25 kg/年、Nova Scotia 65kg/年。なお、Canada-Wide Standards for Mercury Emissions from Coal-Fired Electric Power Generation Plants 2017-2018 Progress Report によると、Ontario は 2014 年までに石炭火力発電施設を段階的に廃止した。

³¹ 15 分間隔ごとに最低 1 データの記録が必要。

³² 石炭中の水銀量から残さ中の水銀量を差し引いて、水銀の大気排出量を算出。残さ中の水銀量を石炭中の水銀量で除して水銀捕集率を取得する。

	国	石炭種・バイオマス	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）
				国全体で 80%以上 ³⁰ 。				

³⁰ 2020 年の全国水銀の排出量は 482kg/年であり、2010 の排出上限値（1130kg/年）を遙かに下回った。これは、2003 年比（2695kg/年排出量）82%の捕集率となり、水銀の削減目標が達成されたことになる。CCME は、進捗報告書が 2019-2020 年で最後になると発表した。https://ccme.ca/en/res/cwshgcoal_prgrsrpt_2019-20en.pdf

(2) 産業用石炭燃焼ボイラー等

	国	炭種・バイオマス	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	石炭 ⁶	熱投入量 50 MWth 以上 300 MWth 未満 ⁷	<1-3µg/Nm ³	1 年平均 ⁸	6%	水 銀 及 び 水 銀 化 合 物	年 4 回の定期測定
			熱投入量 ≥ 300 MWth	<1-2 µg/Nm ³	1 年平均			連続測定
		褐炭	熱投入量 50 MWth 以上 300 MWth 未満	<1-5 µg/Nm ³	1 年平均 ⁸			年 4 回の定期測定
			熱投入量 ≥ 300 MWth	<1-4 µg/Nm ³	1 年平均			連続測定
		バイオマス ¹¹ (専焼)又は泥炭	全施設	< 1-5 µg/Nm ³	測 定 期 間 の平均	6%	水 銀 及 び 水 銀 化 合 物	1 年に 1 回 ¹² EN 13211
	米国	石炭 ³³ ・バイオマス ³⁴ (専焼)	主要排出源 ³⁵ ： 熱投入量 10 MMBTU/ 時以上	0.0000008 lb/MMBTU (約 1.4 µg/Nm ³) ¹⁴	最低 3 測定 平均 ³⁶	7% ³⁷	粒 子 状 水 銀 全 ガ ス 状 水銀	Method 29 (最低試料量は主要排出 源が 4dscm、非主要排出源が 2dscm)
石炭 ³³	非主要排出源：熱投入 量 10 MMBTU/時以上	0.000022 lb/MMBTU (約 39 µg/Nm ³) ¹⁴	全 ガ ス 状 水銀	Method 30A, 30B (非主要排出源の 場合、30A は最低 2 時間採取)				
			全水銀 Hg ⁰ 、Hg ²⁺ 、 粒 子 状 水 銀	ASTM D6784 (主要排出源の最低 試料量 4dscm)				

³³ 石炭とは、無煙炭、瀝青炭、亜瀝青炭、褐炭、石炭くず、石油コークスに分類される全ての固形燃料を指す。「石炭」の定義には、石炭由来の合成燃料（溶剤精製炭、石炭・油混合燃料、石炭・水混合燃料）を含む。石炭由来のガスはこの定義から除外される。

³⁴ バイオマスは、木材残さ（切り株、樹皮、おがくずなど）、家畜糞尿や敷料、農業廃棄物（ナッツや穀物の殻、剪定枝、トウモロコシの茎、サトウキビやコーヒ豆の絞りかす、果樹の剪定枝など）など。

³⁵ 年間の有害大気汚染物質（HAPs）排出量が 25 トン以上、又は 1 つの HAP の排出量が 10 トン以上の固定発生源。非主要排出源とは主要発生源以外の固定発生源（40 CFR 63.2）

³⁶ Method 29 に基づく測定時間は通常 1 時間。

³⁷ Method 19 に基づく（排出濃度を lb/MMBtu の排出率に換算する場合、Method 19 の F-Factor を用いる（40 CFR 63.7520 (e), Table 5 to Subpart DDDDD of Part 63 および 40 CFR 63.11212 (e), Table 4 to Subpart JJJJJ of Part 63)）

	国	炭種・バイオマス	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）
	ドイツ	石炭 ⁶ ・褐炭 (バイオ燃料 ¹⁸ を除く)	熱投入量 50 MWth 以上 300 MWth 未満	2 µg/Nm ³	年平均	6%	水銀及び 水銀化合物	連続測定 ¹⁹ 。有効な 30 分平均値の合計を 30 分平均値のデータ数で除した値に基づく（要請に応じて、通常の管理により実際の水銀濃度が年平均及び1日平均基準の50%未満であることが確実に証明できる場合、規制当局は連続測定を免除する）
				20 µg/ Nm ³	1 日平均 ²⁰			連続測定 ¹⁹ 。30 分平均値から、1 日当りの稼働時間に基づいて1日平均値を計算する（要請に応じて、通常の管理により実際の水銀濃度が年平均及び1日平均基準の50%未満であることが確実に証明できる場合、規制当局は連続測定を免除する）
			熱投入量 ≥ 300 MWth	1 µg/Nm ³	年平均			熱投入量 50 MWth 以上 300 MWth 未満と同じ。
				20 µg/ Nm ³	1 日平均 ²⁰			
		バイオ燃料 ¹⁸	熱投入量 50 MWth 以上	10 µg/ Nm ³	年平均	6%	水銀及び 水銀化合物	熱投入量 50 MWth 以上 300 MWth 未満と同じ。
			熱投入量 50 MWth 以上	5 µg mg/m ³	1 日平均 ²⁰	6%	水銀及び 水銀化合物	熱投入量 50 MWth 以上 300 MWth 未満と同じ。
	中国	石炭	出力 65 t/時以下	50 µg/Nm ³		9%	水銀及び 水銀化合物	HJ543（固定発生源の排ガス 水銀測定 冷原子吸光光度法（暫定））
既設	EU	石炭 ⁶	熱投入量 50 MWth 以上 300 MWth 未満	<1-9 µg/Nm ³	新設と同じ			

	国	炭種・バイオマス	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）			
			熱投入量≧300 MWth	<1-4 μg/Nm³							
		褐炭	熱投入量 50 MWth 以上 300 MWth 未満	<1-10 μg/Nm³							
			熱投入量≧300 MWth	<1-7 μg/Nm³							
		<u>バイオマス¹¹(専焼)又は泥炭</u>	全施設	<u>< 1-5μg /Nm³</u>	新設と同じ						
	米国	<u>石炭³³・バイオマス³⁴(専焼)</u>	主要排出源 ³⁵ ： 熱投入量 10 MMBTU/時以上	0.0000054 lb/MMBTU (約 9.5 μg/Nm³) ¹⁴	新設と同じ（ただし、最低試料量は 4 dscm ではなく 3 dscm）						
		<u>石炭³³</u>	非主要排出源：熱投入量 10 MMBTU/時以上	0.000022 lb/MMBTU (約 39 μg/Nm³) ¹⁴	新設と同じ						
		ドイツ	<u>石炭⁶</u>	熱投入量 50 MWth 以上 300 MWth 未満	5μg/Nm³	年平均	6%	水 銀 及 び 水 銀 化 合 物	新設と同じ。		
	熱投入量≧300 MWth			4μg/Nm³（2025 年 7 月 15 日より 3μg/Nm³。 但し例外 ²⁴ あり）	年平均 ²⁵						
	褐炭		熱投入量 50 MWth 以上 300 MWth 未満	10μg/Nm³	年平均						
			熱投入量≧300 MWth	5μg/Nm³（2025 年 7 月 15 日より 4μg/Nm³。 但し例外 ²⁶ あり）	年平均 ²⁵						
	<u>バイオ燃料¹⁸</u>		<u>熱投入量 50 MWth 以上</u>	<u>10μg/ Nm³</u>	新設と同じ						
			<u>熱投入量 50 MWth 以上</u>	<u>5μg mg/m³</u>							
	中国	石炭	出力 65 t/時以下	50 μg/Nm³	新設と同じ						

(3) 非鉄金属生産施設

	国	金属種	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	—	鉱石のばい焼又は焼結冶金術、化学的、又は電気分解処理による、鉱石、精鉱、又は二次原料からの非鉄粗金属生産を行う施設 回収製品を含む非鉄金属の溶解（合金法も含む）及び非鉄金属鑄造を行う施設で、溶解能力が鉛とカドミウムは4t/日、その他の金属は20t/日を超える施設	10-50 µg/Nm ³	1 日平均 ³⁸ 又はサンプリング期間の平均 ³⁹		水銀及び水銀化合物	連続測定（EN 14884）又は年1回測定（EN 13211）
	米国 ⁴⁰	銅	一次製錬施設の乾燥設備、転炉、粗銅の精製炉、溶鉱炉	主要排出源 ⁴¹ ： (案 0.00097 lbs/時) (約 0.44 g/時) ⁴²				
	ドイツ	銅以外（二次原料）	冶金、化学、または電解プロセスによる鉱石、濃縮物、または二次原料からの非鉄粗金属の生産	10µg/Nm ³ 又は 0.05g/時 ⁴³	1 日平均 ²⁰		水銀及び水銀化合物	水銀の排出量が 2.5 g/時を超える場合は、連続測定となる（水銀濃度が 0.05g/時又は 10µg/Nm ³ の 20%未満であることを信頼性の高い方法で証明できる場合を除く）。
		銅（二次原料）	二次原料からの生産	50µg/Nm ³	1 日平均 ²⁰			
		鉛 ⁴⁴	4t/日以上製の製錬、合金、精錬施設 ⁴⁵	10µg/Nm ³	1 日平均 ²⁰		水銀及び水銀化合物	水銀の排出量が 2.5 g/時を超える場合は、連続測定となる（水

³⁸ 連続測定で得られた 30 分又は 1 時間ごとの有効値に基づき算出した 24 時間平均値

³⁹ 30 分以上の測定を三回連続して得られた値の平均値

⁴⁰ 本資料では、銅、亜鉛、鉛に係る製錬施設の情報を確認した。このうち、銅製錬にのみ水銀の排出基準案が設定されていた。

⁴¹ 年間の有害大気汚染物質（HAPs）排出量が 25 トン以上、又は 1 つの HAP の排出量が 10 トン以上の固定発生源。非主要排出源とは主要発生源以外の固定発生源。

⁴² 1 lb = 0.45359237 kg として換算。

⁴³ 排ガス中の Class II（鉛、コバルト、ニッケル、セレン、テルル及びそれら化合物）の無機粒子物質の合計排出量が 1mg/Nm³ を超えてはならない（TA Luft 5.4.3.3a）。

⁴⁴ TA Luft ではアルミニウムを除く非鉄金属生産施設（5.4.3.4）という枠組みで排出規制をかけているが、本資料では、3 金属種に係る情報を整理した。

⁴⁵ 許可の手続きが異なるため、金属種、施設規模及び施設内容によりいくつかに分類されているが、排出基準は同じ。許可手続きは、各金属種で分類されている小規模施設の方が簡易である。

	国	金属種	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）
				又は 0.05g/時 ⁴⁶				銀濃度が 0.05g/時又は 10 µg/Nm ³ の 20%未満であることを信頼性の高い方法で証明できる場合を除く。
			0.5 t/日以上 4t/日未満の製錬、合金、精錬施設					
		銅・亜鉛 ⁴⁴	20t/日以上の製錬、合金、精錬施設	10µg/Nm ³ 又は 0.05g/時 ⁴⁶				
			2 t/日以上 20t/日未満の製錬、合金、精錬施設 但し、下記を除く。 - 真空の溶解施設 - 錫及びビスマスで構成する鑄造合金、又は銅又はマグネシウムと共に亜鉛及びアルミニウムを鑄造合金する溶解施設 - ダイカスト又は金型鑄造の一部である溶解施設、又は専ら鑄造用の非鉄金属又は合金を溶解する単純なダイカスト又は金型鑄造と併せた溶解施設 - 貴金属の製錬施設又は貴金属のみ又は貴金属と銅の合金施設					

⁴⁶ 鉛精錬施設の場合には、排ガス中の Class II（鉛、コバルト、ニッケル、セレン、テルル及びそれら化合物）の無機粒子物質の合計排出量が 1mg/Nm³ を超えないという条件で、水銀の排出基準が適用される（TA Luft 5.4.3.4.1a/2a）。

	国	金属種	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）
			- ウェーブはんだ付け装置 - 錫の熱風吹付プラント					
	中国	銅、ニッケル、コバルト	製錬施設（二次原料からの製錬を除く）	12 µg/Nm ³ ⁴⁷			水銀及び水銀化合物	HJ543（固定発生源の排ガス水銀測定 冷原子吸光光度法（暫定））
		鉛、亜鉛	焼結、製錬施設（二次原料の圧延・加工製品の生産を除く）	50 µg/Nm ³ ⁴⁸				
	カナダ	亜鉛、ニッケル、鉛	一次製錬施設	完成した各金属製品の総生産量1トン当たり到大気排出する水銀量が 0.2g				「ネット」排出量が増加しないように、水銀オフセットプログラム（年間排出量と同等の水銀量を回収及び最終処理することを検討）
		銅	一次製錬施設	完成した銅製品の総生産量1トン当たり到大気排出する水銀量が 1g				「ネット」排出量が増加しないように、水銀オフセットプログラム（年間排出量と同等の水銀量を回収及び最終処理することを検討）
既設	EU、中国			同上	新設と同じ			
	米国 ⁴⁰	銅	一次製錬施設の乾燥設備、転炉、粗銅の精製炉、溶鋳炉	主要排出源 ⁴¹ ： （案 0.0043 lbs/時） （約 1.95 g/時）				

⁴⁷ 企業の敷地境界での水銀の1時間の平均濃度は1.2 µg/Nm³とする（GB25467-2010, 4.2.4 表6）。

⁴⁸ 企業の敷地境界での水銀の1時間の平均濃度は0.3 µg/Nm³とする（GB25466-2010, 4.2.4 表6）。

	国	金属種	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）
	カナダ	亜鉛、鉛、銅	一次製錬施設	完成した金属製品の総生産量1トン当たり に大気排出する水銀量が 2g				

（４）廃棄物焼却施設

（４）－１ 廃棄物焼却施設（都市ごみ）

	国	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	焼却能力 3 t/時超	< 5-20 µg/Nm ³	1 日平均又は、3 測定平均（各測定時間：30 分以上）	11%	ガス・粒子状の水銀及び水銀化合物	CEN 標準（CEN 標準がない場合は ISO 又は科学的に同等に良質なデータを与える各国・その他国際標準）
			1-10 µg/Nm ³	2～4 週間平均 ⁴⁹			
	米国 ⁵⁰	焼却能力 250 t/日超（大型）	50 µg /dscm 又は水銀排出削減率 85% （約 54 µg/Nm ³ ） ⁵¹	3 測定平均	7%	粒子状水銀 全ガス状水銀	Method 29（最小試料量 1.7 m ³ ）
						全水銀 Hg0 Hg2+ 粒子状水銀	ASTM D6784-02

⁴⁹ 実証済みの低い安定した水銀を含有する廃棄物（単一の流れによって管理された組成からなる廃棄物など）の焼却施設で採用することができる。

⁵⁰ 米国の廃棄物処分業（有害廃棄物の焼却施設を除く）における大気汚染規制は、新設は規制値（NSPS：New Source Performance Standard）、既設はガイドライン値（Emission Guidelines (EG)）が設けられている。州計画において法的拘束力のある排出基準（emission standard）を設定する際に、ガイドライン値と同等以上の基準を盛り込むことが義務付けられている。但し、既存排出源の残存耐用年数やその他の要因に基づき、基準緩和やより長い遵守期限を適用することも可能である。なお、州計画は EPA に提出し認定を受ける必要がある。（<https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-11/final-subpart-ba-implementing-regulations.fact-sheet-.pdf>）

⁵¹ 1 dscm（20℃、1 気圧の大気）= 0.931741 Nm³ として換算。dscm: dry standard cubic meter, http://toolkit.pops.int/Publish/Annexes/A_06_Annex06.html

	国	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）
		焼却能力 35 ～ 250 t/日 (小型)	80 µg /dscm 又は水銀排出削減率 85% (約 86 µg/Nm ³) ⁵¹	3 測定平均	7%	粒子状水銀 全ガス状水銀	Method 29(測定法に基づくサンプリング時間: 通常 1 時間で約 1.25 m3 採取と記載)
		焼却能力 35 t/日未満 (その他) ⁵²	74 µg /dscm (約 79 µg/Nm ³) ⁵¹ (案 10t/日以下の施設に関して は、12 µg /dscm) ⁵³	3 測定平均	7%	粒子状水銀 全ガス状水銀	Method 29 (最低 1 時間サンプリング)
	ドイツ	規模要件なし ⁵⁴	50 µg/Nm ³	30 分平均	11%	水銀及び水銀化合物	連続測定 ⁵⁵ (施設操業者の申請に基づき、実際の水銀濃度が基準の 20%未満であると信頼性の高い保証を提供できる (provide reliable assurance) 場合は、規制当局が連続測定を免除する)
			30 µg/Nm ³	1 日平均			
			10 µg/Nm ³	年平均			有効な 1 日平均値を合計し、1 日平均値の数で除す。
	中国	規模要件なし	50 µg/Nm ³	測定平均値 (測定は最低 30 分、最長 8 時間で、少なくとも 3 つのサン	11%	水銀及び水銀化合物	HJ543 (固定発生源の排ガス 水銀測定 冷原子吸光度法 (暫定))

⁵² 施設（公共施設など）廃棄物の焼却設備も対象。当該焼却設備には、現場設置型のモジュール化（ユニット化）したサイクロン式の簡易焼却炉、特注焼却設備、およびエアーカーテン焼却炉が含まれる。エアーカーテン式の焼却炉は、開放された一体型の燃焼室（ファイアーボックス）、又は燃焼が行われる開放されたピットやトレンチ（トレンチバーナー）に強制的に空気のカーテンを投射することによって作動する焼却装置）（<https://www.env.go.jp/content/000153069.pdf>）。エアーカーテン式焼却炉を設置する施設から発生するごみを焼却する場合、焼却能力に関係なく規制する。但し、住宅、商業・産業施設から収集された（1）100%廃材、（2）100%クリーン木材、（3）100%庭ごみ、（4）（1）～（3）の混合ごみは排出基準の対象外となる。（40 CFR § 60.2977 及び § 60.2888）

⁵³ Federal Register / Vol. 85, No. 169 (August 31, 2020) <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2020-08-31/pdf/2020-17730.pdf>

⁵⁴ BImSchG（連邦排出管理法）に定める許可申請が必要な 4 BImSchV に掲げる施設が対象となる。廃棄物投入量 3t/時超の施設については通常手続き、廃棄物投入量 3t/時未満の施設については簡易手続きとなる（17 BImSchV § 1(1), 4 BImSchV）https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_4_2013/anhang_1.html

⁵⁵ 一回の連続測定値の 95%信頼区間値は、1 日平均値の 40%を超えてはならない。測定値の 30 分平均値から、信頼区間から外れた値を除いたものに基づいて算出した値を 30 分及び 1 日平均値の補正值とする（17 BImSchV Appendix 4）。

	国	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）
				プルを採取)			
	カナダ	規模要件なし	20 µg/Rm ³ (約 22 µg/Nm ³) ⁵⁶		11%		大規模施設（廃棄物処理量＞120 t/年）は年 1 回測定、小規模施設（＜120 t/年）は 1 回の測定又は廃棄物分別プログラムの監査を文書化したインベントリーの提出により、排出基準が達成されていることを担保。 コニカル（円錐）型の廃棄物焼却炉は対象外とする ⁵⁷ 。
既 設	米国		同上 ⁵⁸ （案 その他の都市ごみの 10t/日以下の施設に関しては、69 µg/dscm)				新設と同じ
	ドイツ ⁵⁹	規模要件なし ⁵⁴	50 µg/Nm ³	30 分平均	11%	水銀及び水銀化合物	新設と同じ。
			30 µg/Nm ³	1 日平均			
		熱投入量 50 MW 超	10 µg/Nm ³	年平均			
	EU、カナダ、 中国		同上				新設と同じ

⁵⁶ 1 Rm³ (25℃、1 気圧の大気) = 0.916107 Nm³ として換算。

⁵⁷ ニューファンドランド島はコニカル型の廃棄物焼却炉の段階的廃止を検討。

⁵⁸

大型：1994 年 9 月 20 日後に建設を開始、1996 年 6 月 19 日後に改築又は改造を開始した施設は新設と同じ規制値となる（40 CFR 60 Subpart Eb § 60.50b (a) および § 60.51b)

1994 年 9 月 20 日以前に建設が開始された施設は、2009 年 4 月 28 日より、新設と同じ数値のガイドライン値。(40 CFR Subpart Cb § 60.33b (3))

小型：1999 年 8 月 30 日後に建設、2001 年 6 月 6 日後に改築又は改造した施設は新設と同じ規制値となる。それ以前に建設された施設は新設と同じ数値のガイドライン値となる（40 CFR 60 Subpart AAAA § 60.1015 (a) 及び Table 4, 40 CFR Subpart BBBB)

その他：2004 年 12 月 9 日後に建設、2006 年 6 月 16 日後に改築又は改造した施設は新設と同じ規制値となる。それ以前に建設された施設は新設と同じ数値のガイドライン値となる（40 CFR 60 Subpart EEEE § 60.2886 (a) 及び Table 2, 40 CFR 60 Subpart FFFF)

⁵⁹ 2013 年 5 月 2 日より前に認定又は建設された廃棄物の混焼および大規模燃焼施設を除く（17 BIm SchV Section 2 の 11）。

(4) - 2 廃棄物焼却施設（非有害の産業ごみ）

	国	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	米国 ⁶⁰	規模要件なし	焼却炉 0.84μg /dscm (約 0.9 μg/Nm ³) ⁵¹	年 1 回 3 測定平均	7%	粒子状水銀 全ガス状水銀	Method 29 (検出限界 0.03μg /dscm を満たすのに十分な量を採取する)
				1 時間平均の 30 日の累積平均		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
			エネルギー回収あり、燃料種別 ⁶¹ 液体・ガス：0.56μg /dscm (約 0.6 μg/Nm ³) ⁵¹ バイオマス：2.2μg /dscm (約 2.4 μg/Nm ³) ⁵¹ 石炭：13μg /dscm (約 14 μg/Nm ³) ⁵¹	年 1 回 3 測定平均	7%	粒子状水銀 全ガス状水銀	Method 29, ASTM D6784-02 (検出限界 0.03μg /dscm を満たすのに十分な量を採取する)
						全ガス状水銀	Method 30B 検出限界 0.03μg /dscm を満たすのに十分な量を採取する)
				1 時間平均の 30 日の累積平均	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	
			廃棄物焼却キルン： 3.7μg /dscm (約 4.0 μg/Nm ³) ⁵¹ 又は クリンカ 100 万トンあたり 21 lbs	30 日の累積平均	7%	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

⁶⁰ 40 CFR 60 Subpart CCCC（規制値）は、2001 年 1 月 30 日施行され、CISWI（商業・産業廃棄物焼却炉）の Hg 排出基準は 0.47mg/dscm(470µg/dscm) の 1 種類だった。2013 年 2 月 7 日の改正施行により、CISWI は 4 分類（焼却炉、エネルギー回収設備、廃棄物焼却キルン、小型遠隔地用焼却炉）、エネルギー回収設備は燃料種により細分化され、現行の規制値（石炭は 16 µg /dscm、廃棄物焼却キルンは 3.7 µg /dscm のみ）が定められた。2016 年 6 月 23 日の改正で石炭が 13 µg /dscm に改訂され、2019 年 3 月 18 日の改正で廃棄物焼却キルンの Hg の代替規制値（クリンカ 100 万トン当り 21 lbs）が追加された。（<https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/commercial-and-industrial-solid-waste-incineration-units-ciswi-new>）

⁶¹ エネルギー回収設備（energy recovery unit）は、固形廃棄物を燃料しない場合のボイラーやプロセスヒーターも含む。液体・ガスは、液体又は気体燃料で液体廃棄物（固形燃料又は廃棄物と組み合わせることはない）を燃焼する。バイオマスは、固形廃棄物、バイオマス、石炭以外の固形物質を燃焼、又は年平均の投入熱量ベースで石炭の割合が 10%未満のもので、固形単体、又は液体、気体と組み合わせて燃焼する。石炭は、固形廃棄物と年平均の投入熱量ベースで石炭の割合が 10%以上のもので、固形単体、又は液体、気体と組み合わせて燃焼する。（40 CFR § 60.2265）

	国	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）
		焼 却 能 力 3t/日以下	小型遠隔地用焼却炉 ⁶² 3.5µg /dscm (約 3.8 µg/Nm ³) ⁵¹	年 1 回 3 測定平均	7%	粒子状水銀	Method 29, ASTM D6784-02(測定は最低 2dscm を採取)
						全ガス状水銀	Method 30B
				—		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
	EU、ドイツ、 中国、カナダ、						
既 設	米国		新設と同じ ^{63, 64}				
	EU、ドイツ、 カナダ、中国						

⁶² 最寄りの都市固形廃棄物埋立地まで車で 25 マイル以上の距離にある。

⁶³ 2010 年 6 月 4 日後に建設を開始、あるいは 2013 年 8 月 7 日後に改築・改造を開始した施設は新設と同じ規制値となる。(40 CFR 60 Subpart CCCC §60.2015 (a))

2010 年 6 月 4 日以前に建設を開始、あるいは 2010 年 6 月 5 日～2013 年 8 月 7 日に改築・改造を開始した焼却炉を除く次の施設はガイドライン値となり、次のとおり。

・エネルギー回収ありの燃料種別：液体・ガスが 2.4µg /dscm、バイオマスが 2.2 µg /dscm、石炭：13µg /dscm

・廃棄物焼却キルン：11 µg /dscm 又はクリンカ 100 万トンあたり 58 lbs

・小型遠隔地用焼却炉（焼却能力 3t/日以下）：5.3 µg /dscm

1999 年 12 月 1 日～2010 年 6 月 4 日に建設を開始、あるいは 2001 年 6 月 2 日～2013 年 8 月 7 日に改築・改造を開始した施設の焼却炉は 4.8 µg /dscm のガイドライン値となる。

1999 年 11 月 30 日以前に建設を開始、あるいは 2001 年 6 月 1 日以前に改築した焼却炉に関しては、州政府が 2001 年 12 月 3 日までに EPA に州計画を提出する必要がある、州計画又は連邦計画で CISWI の対象となった焼却炉に限り、470µg /dscm のガイドライン値を適用できる。(40 CFR §60.2505 (b)及び Table 2 の脚注 1)

⁶⁴ 40 CFR 60 Subpart DDDD（ガイドライン値）は、2001 年 1 月 30 日に施行され、CISWI（商業・産業廃棄物焼却炉）は Hg 排出基準は 0.47mg/dscm (470µg /dscm)の 1 種類だった。2013 年 2 月 7 日の改正施行により、CISWI は 4 分類（焼却炉、エネルギー回収設備、廃棄物焼却キルン、小型遠隔地用焼却炉）され、エネルギー回収設備は燃料種で細分化され現行のガイドライン値（石炭は 16 µg /dscm、廃棄物焼却キルンは 1.1µg /dscm のみ）が定められた。2016 年 6 月 23 日の改正で石炭が 13 µg /dscm に改訂され、2019 年 3 月 18 日の改正で廃棄物焼却キルンの Hg の代替規制値（クリンカ 100 万トン当り 58 lbs）が追加された。(https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/commercial-and-industrial-solid-waste-incineration-units-ciswi-new)

(4) - 3 廃棄物焼却施設 (医療廃棄物)

	国	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	焼却能力 10 t/日超	$< 5\text{-}20 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$	1 日平均又は、 3 測定平均 (各 測定時間: 30 分 以上)	11%	ガス・粒子 状の水銀 及び水銀 化合物	CEN 標準 (CEN 標準がない場合は ISO 又は科学的に同等に良質なデータを与える各国・その他国際標準)
			$1\text{-}10 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$	2~4 週間平均 49			
	米国	廃棄物 > 500 lb/時 (大型)	$1.3 \mu\text{g}/\text{dscm}$ (約 $1.4 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$) ⁵¹	3 測定平均 最低 1 時間	7%	粒子状水 銀 全ガス状 水銀	Method 29 (ASTM D6784-02、CEMS でもよい。 CEMS は 24 時間毎の平均値)
		200 lb/時< 廃棄物 ≤ 500 lb/時 (中型)	$3.5 \mu\text{g}/\text{dscm}$ (約 $3.8 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$) ⁵¹				
		廃棄物 ≤ 200 lb/時 (小型)	$14 \mu\text{g}/\text{dscm}$ (約 $15 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$) ⁵¹				
	ドイツ	規模要件 なし ⁶⁵	$50 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$	30 分平均	11%	水銀及び 水銀化合物	連続測定 ⁵⁵ (施設操業者の申請に基づき、実際の水銀濃度が基準の 20%未満であると信頼性の高い保証を提供できる場合は、規制当局が連続測定を免除する)
			$30 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$	1 日平均			
			$10 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$	年平均			有効な 1 日平均値を合計し、1 日平均値の数で除す。
	中国	規模要件 なし	$50 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$	3 測定以上の平均値 (全ての測定時間を 0.5~8 時間以内に行う)	11%	水銀及び 水銀化合物	HJ543 (固定発生源の排ガス水銀測定 冷原子吸光光度法 (暫定))

⁶⁵ 環境汚染防止法 (BImSchG) に定める許可申請が必要な 4 BImSchV に掲げる施設が対象となる。全て通常手続き。(17 BImSchV § 1(1), 4 BImSchV)

	国	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）
	カナダ	規模要件なし	20 µg/Rm ³ (約 22 µg/Nm ³) ⁵⁶		11%		大規模施設（廃棄物処理量＞120 t/年）は年 1 回測定、小規模施設（＜120 t/年）は 1 回の測定又は廃棄物分別プログラムの監査を文書化したインベントリーの提出により、排出基準が達成されていることを担保。
既設	EU	焼却能力 10 t/日超	< 5-20 µg/Nm ³	新設と同じ			
			1-10 µg/Nm ³				
	米国		新設と同じ ⁶⁶	新設と同じ		Method 29 (ASTM D6784-02、CEMS ⁶⁷ でもよい)	
	ドイツ	規模要件なし ⁶⁵	50 µg/Nm ³	30 分平均	11%	水銀及び水銀化合物	新設と同じ。
			30 µg/Nm ³	1 日平均			
		熱投入量 50 MW 超	10 µg/Nm ³	年平均			
	中国	規模要件なし	50 µg/Nm ³ ⁶⁸	3 測定以上の平均値（全ての測定時間を 0.5～8 時間以内に行	11%	水銀及び水銀化合物	HJ543（固定発生源の排ガス水銀測定 冷原子吸光光度法（暫定））

⁶⁶ 2008 年 12 月 1 日より後に建設を開始、あるいは 2010 年 4 月 6 日より後に改築を開始した施設を対象とする規制値。それ以前の施設は、大型は 18 µg/dscm、中型は 25 µg/dscm、小型は 14 µg/dscm のガイドライン値となる。ただし、1996 年 6 月 20 日以前に建設を開始、あるいは 1998 年 3 月 16 日以前に改築を開始され、大都市統計地域（人口 5 万人以上の市街地を 1 つ以上有し、隣接する地域が社会的・経済的に都市と密接な関係があり通勤圏として利用されている）から 50 マイル（約 80km）以上離れ、週に 2000 lbs（約 910 kg）未満の医療廃棄物を焼却する施設は、5.1 µg/dscm のガイドライン値とする。なお、1997 年 9 月 15 日に公布された 40 CFR 60 Suppart Ce は 2009 年 10 月 6 日に改正公布されており、改正前の対象施設は規模に関係なく 550 µg/dscm、前述の大都市統計地域等々に関わる施設は、7,500 µg/dscm のガイドライン値となる。（40 CFR 60.50c、40 CFR 60.33e (a)及び 60.33e (b)）。大都市統計地域（Metropolitan Statistical Areas）は、標準都市統計地区（Standard Metropolitan Statistical Area）から置き換わったもので、米国行政管理予算局（Office of Management and Budget）の定義を引用した。（<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockkey=P1009ZW6.pdf> 及び <https://www.bls.gov/bls/omb-bulletin-18-03-revised-delineations-of-metropolitan-statistical-areas.pdf>）

⁶⁷ CEMS については、1996 年 6 月 20 日～2008 年 12 月 1 日に建設開始、あるいは 1998 年 3 月 16 日～2010 年 4 月 6 日に改築を開始した施設に対しては 12 時間平均とするが、それ以外の施設は 24 時間毎平均とする（40 CFR 60.56c (c) (5)、60.37e(a)(2)及び 60.37e (b)）。

⁶⁸ 2022 年 1 月 1 日より適用。

	国	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）
				う)			
	カナダ ⁶⁹	>120 t/年	20 µg/Rm ³ (約 22 µg/Nm ³) ⁵⁶				
		<120 t/年	40 µg/Rm ³ (約 44 µg/Nm ³) ⁵⁶				
							新設と同じ

(4) - 4 廃棄物焼却施設（有害廃棄物）

	国	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	焼却能力 10 t/日超	<5-20 µg/Nm ³	1 日平均又は、3 測定平均(各測定 時間：30 分以上)	11%	ガス・粒子状の 水銀及び水銀化 合物	CEN 標準（CEN 標準がない場合は ISO 又は 科学的に同等に良質なデータを与える各国・ その他国際標準）
			1-10 µg/Nm ³	2～4 週間平均 ⁴⁹			
	米国	規模要件なし	8.1 µg /dscm (約 8.7 µg/Nm ³) ⁵¹	通常 3 測定 ³⁶ 、排 出基準を満たし た上で、有害物投 入制限を遵守	7%	粒子状水銀 全ガス状水銀	Method 29（申請によって CEMS を利用できる）
	ドイツ	規模要件なし ⁶⁵	50 µg/Nm ³	30 分平均	11%	水銀及び水銀化 合物	連続測定 ⁵⁵ （施設操業者の申請に基づき、実 際の水銀濃度が基準の 20%未満であると信 頼性の高い保証を提供できる場合は、規制当 局が連続測定を免除する）
			30 µg/Nm ³	1 日平均			有効な 1 日平均値を合計し、1 日平均値の数 で除す。
			10 µg/Nm ³	年平均			
	中国	規模要件なし	50 µg/Nm ³	3 測定以上の平 均値(全ての測定	11%	水銀及び水銀化 合物	HJ543(固定発生源の排ガス水銀測定 冷原子 吸光光度法（暫定）)

⁶⁹ 施設規模が>120 t/年及び<120 t/年の基準値が示されているが、120t/年の基準値は示されていない。（<http://www.mercury.org.cn/zcfg/gi/202107/P020210715338721815031.pdf>）（参照 2023-3-1）

	国	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）
				時間を 0.5～8 時間以内に行う）			
	カナダ	規模要件なし	50 µg/Rm ³ (約 55 µg/Nm ³) ⁵⁶		11%		大規模施設は年 1 回測定、小規模施設(医療機関や自治体)は 1 回の測定又は水銀削減計画の成果報告のいずれかを選択。
既設	EU、カナダ		同上	新設と同じ			
	米国	規模要件なし	130µg /dscm (約 140 µg/Nm ³) ⁵¹	新設と同じ			
	ドイツ	規模要件なし ⁶⁵	50 µg/Nm ³	30 分平均	11%	水銀及び水銀化合物	新設と同じ。
			30 µg/Nm ³	1 日平均			
		熱投入量 50 MW 超	10 µg/Nm ³	年平均			
	中国	規模要件なし	50 µg/Nm ³ ⁷⁰	3 測定以上の平均値(全ての測定時間を 0.5～8 時間以内に行う)	11%	水銀及び水銀化合物	HJ543(固定発生源の排ガス水銀測定 冷原子吸光光度法 (暫定))

(4) - 5 廃棄物焼却施設（セメントキルン）

	国	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	非有害廃棄物の焼却・混焼： 能力 3 t/時超 有害廃棄物の焼却・混焼：能力 10 t/日超 ⁷¹	<5-20 µg/Nm ³	1 日平均又は、3 測定平均（各測定時間：30 分以上）	11%	ガス・粒子状の水銀及び水銀化合物	CEN 標準（CEN 標準がない場合は ISO 又は科学的に同等に良質なデータを与える各国・その他国際標準）

⁷⁰ 2021 年 12 月 31 日までは GB18484-2001 の排出基準（100 µg/Nm³）、2022 年 1 月 1 日より当該排出基準に従う。

⁷¹ 主な目的が原料の製造ではなく、指令 2010/75 / EU の第 3 条（31）（b）で定義されているバイオマス以外の廃棄物との混焼、有害廃棄物による 40%以上の熱放出、又は都市ごみとの混焼による施設（(EU) 2019/2010 の SCOPE 5.2）。

	国	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）
			1-10 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	2～4 週間 平均 ⁴⁹			
	米国	有害廃棄物を焼却する全てのセメントキルン	有害物投入制限 1.9 ppmw 及び 120 $\mu\text{g}/\text{dscm}$ (約 129 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) ⁵¹	通常 3 測定 ³⁶ 、排出基準を満たした上で、有害物投入制限を遵守	7%	粒子状水銀 全ガス状水銀	Method 29（申請によって CEMS を利用できる）
	ドイツ	廃棄物の熱量が投入熱量の 25%を超えるセメントキルン	50 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (遵守困難な場合 100 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) ⁷²	30 分平均	10%	水銀及び水銀化合物	連続測定 ⁵⁵ （施設操業者の申請に基づき、実際の水銀濃度が基準の 20%未満であると信頼性の高い保証を提供できる場合は、規制当局が連続測定を免除する）
			30 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (遵守困難な場合 50 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) ⁷³	1 日平均			
	中国	投入量に占める廃棄物量が重量 30%以下 ⁷⁴ 、クリンカ生産量 2,000t/日以上（乾式 NSP キルン ⁷⁵ の場合）	50 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$		10%	水銀及び水銀化合物	HJ543(固定発生源の排ガス水銀測定 冷原子吸光光度法(暫定))
既設	EU、ドイツ、中国		同上				
	米国	有害廃棄物を焼却する全てのセメントキルン	有害物投入制限 3.0 ppmw 及び 120 $\mu\text{g}/\text{dscm}$ (約 129 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) ⁵¹				

⁷² 施設操業者の申請に基づき、原材料の水銀濃度により本基準の遵守が困難な場合、規制当局は 100 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ とすることができる。

⁷³ 施設操業者の申請に基づき、原材料の水銀濃度により本基準の遵守が困難な場合、規制当局は 50 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ とすることができる。

⁷⁴ 30%超は都市ごみ焼却施設の基準適用

⁷⁵ プレヒータに仮焼炉を設置した NSP（New Suspension Pre-heater）キルン（<https://www.taiheiyo-eng.co.jp/engineering/nsp.html> 参照）

(4) - 6 廃棄物焼却施設（下水汚泥）

	国	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	米国 ⁷⁶	規模要件なし	流動層炉 1.0 μg /dscm (約 1.07 μg/Nm ³) ⁵¹	3 測定平均	7%	粒子状水銀	Method 29, ASTM D6784-02(測定は最低 3dscm を採取)
						全ガス状水銀	
			1 時間平均		全ガス状水銀	連続排出モニタリングシステム (CEMS)	
			多段炉 150 μg/dscm (約 161 μg/Nm ³) ⁵¹	3 測定平均	7%	粒子状水銀	Method 29, ASTM D6784-02(測定は最低 1dscm を採取)
		全ガス状水銀		Method 30B			
	1 時間平均		全ガス状水銀	連続排出モニタリングシステム (CEMS)			
カナダ	規模要件なし	70 μg/Rm ³ (約 76 μg/Nm ³) ⁵⁶		11%		大規模施設は年 1 回測定、小規模施設(医療機関や自治体)は 1 回の測定又は水銀削減計画の成果報告のいずれかを選択。	
既設	米国	規模要件なし	新設と同じ ⁷⁷				
	カナダ		同上		新設と同じ		

⁷⁶ 40 CFR 60 Subpart LLLL（規制値）は、2011 年 5 月 20 日に施行され、新設と既設共に現在の規制値と同じである。

⁷⁷ 2010 年 10 月 14 日後に建設を開始した施設は新設と同じ規制値（40 CFR 60 Subpart LLLL § 60.4770 (a)）。それ以前に建設が開始された施設は、流動層炉が 0.037 mg/dscm（約 37 µg/Nm³）、多段炉が 0.28mg/dscm（約 280 µg/Nm³）のガイドライン値となる（40 CFR Subpart MMMM § 60.5005 及び Table2 と Table 3）。

(5) セメントクリンカ製造施設

	国	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	生産能力 500 t/日超（ロータリーキルン）、又は 50 t/日（その他の溶鉱炉）超	$< 50 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$	サンプリング期間の平均	10%	水銀	バッチ測定（最低 30 分）
	米国	全ての生産施設	クリンカ 100 万トンあたり 21 lb（約 9.5kg） ⁴²	1 時間値 ⁷⁸ に基づき算出		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
	ドイツ	セメントクリンカ又はセメントを生産する施設 ⁷⁹	$30 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ⁸⁰	1 日平均 ²⁰	10%	水銀及び水銀化合物	水銀の排出量が 2.5g/時を超える場合は、連続測定となる（水銀濃度が $0.05 \text{g}/\text{時}$ 又は $10 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ の 20%未満であることを信頼性の高い方法で証明できる場合を除く）。
	中国	規模要件なし	$50 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$		10%（キルンの廃熱利用の場合） 8%（熱風炉などの独立した熱源を持つ場合）	水銀及び水銀化合物	HJ543（固定発生源の排ガス 水銀測定 冷原子吸光光度法（暫定））
既設	米国以外		同上	新設と同じ			
	米国	全ての生産施設	クリンカ 100 万トンあたり 55 lb（約 24.9 kg） ⁴²				

⁷⁸ キルン稼働連続 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。

⁷⁹ 施設規模は、500t/日以上、50～500t/日（ロータリーキルンを除く）500t/日未満（ロータリーキルン）、50t/日未満（ロータリーキルンを除く）の 4 分類だが、排出基準は同じ。500t/日未満の施設は許可手続きが簡易になる。

⁸⁰ シャフト炉を除く。天然原料の組成により、 $30 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ の基準を達成できない場合、 $50 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ を超えないという条件で、操業者からの要請により免除が行われる可能性がある（TA Luft 5.4.2.3）。

(6) 鉄鋼製造施設

	国	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	焼結プラント	<30～50μg/Nm ³	サンプリング期間 (30 分以上) の平均		水銀	不連続測定(discontinuous measurement)、スポット測定
		電気炉鋼製造及び鋳造 (2.5t/時超)	<50μg/Nm ³	サンプリング期間 (4 時間以上) の平均		水銀	
	米国	鉄鋼炉・溶融施設 ⁸¹	水銀を含めた総 金属 HAP ある いは、PM の基 準値 ⁸¹	5 年未満の頻度 ⁸²			Method 29
		鉄鋼一貫プラント（焼結、高炉、塩基性酸素転炉（BOPF））の転炉 ⁸³	0.000081 lb / 鉄スクラップ 投入 t	各 BOPF 集合設備 （又は同じ煙突を 使用する設備の組		粒子状水銀 全ガス状水銀	Method 29 (最小試料量 1.7 dscm)

⁸¹ 米国では、総金属 HAP (hazardous air pollutant) の排出基準か PM(particulate matter)の排出基準のどちらかを満たすことが求められている。総金属 HAP とは、Method29 によって測定されたアンチモン、砒素、ベリリウム、カドミウム、クロム、コバルト、鉛、マンガン、水銀、ニッケル、セレンの総量をいう。

<対象施設>

- ① 有害大気汚染物質の排出量が次のいずれかに該当する又はその可能性のある施設（新規、既存共通）
 - ・ 1 物質 10t/年以上の鉄鋼炉
 - ・ 複数物質 25t/年以上の鉄鋼炉
 - ・ 1 物質 10t/年以上又は複数物質 25t/年以上を排出する施設に設けられている鉄鋼炉
- ② 上記以外の施設で、スクラップ、インゴット、その他の鉄・鋼の溶融施設（新規：10,000t/年超、既存：20,000t/年超）

<総金属 HAP の排出基準>

- ① 有害大気汚染物質の排出量が次のいずれかに該当する又はその可能性のある施設
 - ・ 新規：電気炉（アーク炉）：総金属 HAP として 0.0002g/dscf (約 7.6mg/Nm³*)
 - ・ 新規：電気炉（誘導炉）：総金属 HAP として 0.00008g/dscf (約 3.0mg/Nm³*)
 - ・ 既存：電気炉（アーク炉、誘導炉）：総金属 HAP として 0.0004g/dscf (約 15.2mg/Nm³*)
- * 1 dscf (20℃、1 気圧の大気) = 0.026383967 Nm³ として換算。dscf: dry standard cubic foot
- ② 上記以外の施設で、スクラップ、インゴット、その他の鉄・鋼の溶融施設（新規：10,000t/年超、既存：20,000t/年超）
 - ・ 新規：総金属 HAP として 0.008lb/投入 t (約 3.6g/投入 t)
 - ・ 既存：総金属 HAP として 0.06lb/投入 t (約 27.2g/投入 t)

⁸² 当該対象期間の他、①の施設は操作制限値の変更又は異なる代替排出量規制を選択した場合（CEMS の場合は 5 年未満の頻度は適用外）、②の施設は操作制限値の変更又は HAP の排出量を増加させる可能性のある工程に変更した場合（§ 63.7731 および § 63.10898(b)）。

⁸³ 2019 年 8 月 16 日後に建設・改築が開始した施設。2021 年 7 月 13 日又は運転開始時のいずれか遅い時点で適用。(40 CFR § 63.7791)) BOPF は、鋼を製造するために、溶鉄、スクラップ、フラックスの浴中に高純度酸素を加圧下で吹き込む耐火物を内張りした容器をいう。この定義には上吹き炉と下吹き炉の両方が含まれるが、アルゴン酸素脱炭炉は含まれない。

	国	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）
				み合わせ)の3測定の の平均値		全ガス状水銀	Method 30B
		鉄鋼一貫プラントの焼結	(案 0.000012 lbs/焼結 t)				
	ドイツ	焼結プラント	10 µg/Nm ³ 又は 0.05 g/時 ⁸⁴	1 日平均 ²⁰		水銀及び水銀化合物	水銀の排出量が 2.5 g/時を超える場合は、連続測定（水銀濃度が 0.05g/時又は 10 µg/Nm ³ の 20%未満であることを信頼性の高い方法で証明できる場合を除く）。
	オーストリア ⁸⁵		50 µg/m ³	3 時間内に 3 回採取した測定値を 30 分平均とし、その個々の結果を評価する。評価値が基準値を超えない場合、基準値(30 分平均)は遵守されたものとみなす。	3%（液体燃料または気体燃料の場合） 6%（固体燃料の場合） ⁸⁶	水銀および水銀化合物（粒子状およびガス状）	データ記録は 30 分平均値の自動登録測定器で行うこと。
既設	EU		同上	新設と同じ			
	米国	鉄鋼炉・溶融施設 ⁸¹					

い（40 CFR § 63.7852）。40 CFR 63 FFFFF は 2003 年 5 月 20 日に施行され PM の排出基準が定められた。2020 年 7 月 13 日の改正施行で水銀が加わった。

<https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/integrated-iron-and-steel-manufacturing-national-emission>

⁸⁴ 焼結帯の排ガス中の水銀及び水銀化合物の濃度は、30 µg/Nm³ を超えてはならない(TA Luft 5.4.3.1a)。

⁸⁵ Ordinance of the Federal Minister of Science, Research and Economy on the Limitation of the Emission of Air Pollutants from Plants for the Production of Iron and Steel 2016 (EiSt-V 2016)

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20009485> （ドイツ語）

⁸⁶ 熱処理炉や加熱炉において、液体燃料や気体燃料を使用した場合は、5%とする。

	国	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）
		鉄鋼一貫プラントのBOPF ⁸⁷	0.00026 lb/ 鉄スクラップ 投入 t	新設と同じ			
		鉄鋼一貫プラントの焼結	（案 0.000035 lbs/焼結 t）				
	オーストリア		同上				

（7）フェロアロイ製造施設

	国	施設規模	排出基準	測定対象期間・頻度	酸素濃度	測定対象 (水銀種)	備考（測定方法、データ数等）
新設	EU	水銀を含む原材料を用いた高温冶金法 ⁸⁸	10～50 μg/Nm ³	1 日平均 ³⁸ 又はサンプリング期間(30 分以上)平均		水銀及び水銀化合物	連続測定（EN 14884）又は年 1 回測定（EN 13211）
	米国	フェロマンガンを製造するアーク式電気炉	主要排出源 ⁸⁹ ： 13 μg/dscm	年 1 回測定		全ガス状水銀	Method30B
		シリコンマンガンを製造するアーク式電気炉	主要排出源： 4μg/dscm				
既設	EU	同上	新設と同じ				
	米国	フェロマンガンを製造するアーク式電気炉	主要排出源： 130μg /dscm			全ガス状水銀	Method 30B
		シリコンマンガンを製造するアーク式電気炉	主要排出源： 12μg /dscm				

⁸⁷ 2019 年 8 月 16 日以前に建設・改築が開始した新規又は改築施設の場合には、2021 年 7 月 13 日から適用。

⁸⁸ フェロアロイに関連するモニタリングのパラメータとして水銀がある（(EU) 2016/1032, 1.1.5. Monitoring of emissions to air）。

⁸⁹ 年間の有害大気汚染物質（HAPs）排出量が 25 トン以上、又は 1 つの HAP の排出量が 10 トン以上の固定発生源。非主要排出源とは主要発生源以外の固定発生源。

出典：

<EU>

－石炭火力発電所及び産業用石炭燃焼ボイラー： COMMISSION IMPLEMENTATION DECISION (EU) 2021/2326 of 30 November 2021 establishing best available techniques (BAT) conclusions, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council, for large combustion plants (notified under document C (2021) 8580) (Text with EEA relevance) https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32021D2326#ntc4-L_2021469EN.01000101-E0004)

本実施決定は、2021 年 1 月 27 日に一般裁判所により無効とされた実施決定 (EU) 2017/1442 を置き換えるものであるが、大型燃焼プラントの BAT 結論は、実施決定 (EU) 2017/1442 の結論と同一である (<https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/news/bref-news-121>) (参照 2023-01-13)

－非鉄金属生産施設及びフェロアロイ製造施設： COMMISSION IMPLEMENTING DECISION (EU) 2016/1032 of 13 June 2016 establishing best available techniques (BAT) conclusions, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council, for the non-ferrous metals industries

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016D1032&from=EN>

－廃棄物焼却施設： Commission Implementing Decision (EU) 2019/2010 of 12 November 2019 establishing the best available techniques (BAT) conclusions, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council, for waste incineration (notified under document C (2019) 7987) (Text with EEA relevance)

https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2019.312.01.0055.01.ENG&toc=OJ%3AL%3A2019%3A312%3ATOC

－セメント生産施設： COMMISSION IMPLEMENTING DECISION of 26 March 2013 establishing the best available techniques (BAT) conclusions under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council on industrial emissions for the production of cement, lime and magnesium oxide (notified under document C (2013) 1728) (Text with EEA relevance) (2013/163/EU)

http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2013.100.01.0001.01.ENG

－鉄鋼製造施設： COMMISSION IMPLEMENTING DECISION of 28 February 2012 establishing the best available techniques (BAT) conclusions under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council on industrial emissions for iron and steel production (2012/135/EU)

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012D0135&from=EN>

<ドイツ>

－石炭火力発電所及び産業用石炭燃焼ボイラー： Dreizehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Großfeuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen - 13. BImSchV) (Thirteenth Ordinance on the Implementation of the Federal Immission Control Act (Ordinance on Large Combustion Plants and Gas Turbine Plants - 13. BImSchV))が 2021 年 7 月 15 日付けで改正施行されたもの。独語のみ。 https://www.buzer.de/13_BImSchV.htm

－廃棄物焼却施設： Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen - 17. BImSchV) (Seventeenth Ordinance on the Implementation of the Federal Immission Control Act (Ordinance on Waste Incineration and Co-incineration - 17. BImSchV)) が 2021 年 7 月 15 日に一部改正施行されたもの。独語のみ <https://www.buzer.de/gesetz/10624/index.htm>

－その他施設： Federal Ministry for Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety First General Administrative Regulation Pertaining the Federal Immission Control Act (Technical Instructions on Air Quality Control - TA Luft) (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) が 2021 年 12 月 1 日付けで改正施行。独語のみ。

<https://umweltmessung.com/wp-content/uploads/TA-Luft-2021-1.pdf>

－許可対象施設： Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV (Fourth Ordinance for the Implementation of the Federal Immission Control Act (Ordinance on Installations Requiring a Permit - 4. BImSchV) が 2013 年 5 月 2 日付けで改正されたもの。独語のみ。 http://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_4_2013/BJNR097310013.html

2022 年 10 月 26 日に一部改正施行 (最新版) されているが、変更は本表と関連していない。 <https://www.umweltpakt.bayern.de/luft/recht/bund/19/4-bimschv-voeuber-genehmigungsbeduerftige-anlagen> (参照 2023-1-13)

－ドイツの大気排出に関する法令の解説

<https://www.umweltbundesamt.de/en/immission-control-law#textpart-2>

<米国> 2023 年 11 月 27 日時点

－石炭火力発電所：

・ National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: Coal and Oil-Fired Electric Utility Steam Generating Units, 40 CFR 63.9980-10042 (Subpart UUUUU)

<http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=d4bbdf5f3bd72a17a44e4a6aab6da80b&mc=true&node=sp40.16.63.uuuuu&rgn=div6>

・National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: Coal- and Oil-Fired Electric Utility Steam Generating Units Review of the Residual Risk and Technology Review, Federal Register / Vol. 88, No. 78 / Monday, April 24, 2023 / Proposed Rules (<https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2023-04-24/pdf/2023-07383.pdf>) (参照 2023-11-22)

ー産業用石炭燃焼ボイラー：National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Major Sources: Industrial, Commercial, and Institutional Boilers and Process Heaters, 40 CFR 63.7480-7575 (Subpart DDDDD)

<https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-C/part-63/subpart-DDDDD>

Hazardous Air Pollutants for Industrial, Commercial, and Institutional Boilers Area Sources, 40 CFR 63.11193-11237 (Subpart JJJJJ)

<http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=1b5ee830ac612c1c55a5d7224f21af30&mc=true&node=sp40.16.63.jjjjj&rgn=div6>

ー非鉄金属生産施設

銅の一次製錬施設：National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: Primary Copper Smelting Residual Risk and Technology Review and Primary Copper Smelting Area Source Technology Review, Federal Register / Vol. 87, No. 7/ Tuesday, January 11, 2022/Proposed Rules (<https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2022-01-11/pdf/2021-28273.pdf>) (参照 2023-2-28)

ー廃棄物焼却施設（都市ごみ）：

・Standards of Performance for Large Municipal Waste Combustors for Which Construction is Commenced After September 20, 1994 or for Which Modification or Reconstruction is Commenced After June 19, 1996, 40 CFR 60.50b-59b (Subpart Eb) (大型、新規)

http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=42ccf89a2fcb9ec04d3775b8e2de87af&mc=true&node=sp40.7.60.e_0b&rgn=div6

・Emissions Guidelines and Compliance Times for Large Municipal Waste Combustors That are Constructed on or Before September 20, 1994, 40 CFR 60.30b-39b (Subpart Cb) (大型、既存)

http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=ee98258f6402f97c43243ce8362c3fe&mc=true&node=sp40.7.60.c_0b&rgn=div6

・Standards of Performance for Small Municipal Waste Combustion Units for Which Construction is Commenced After August 30, 1999 or for Which Modification or Reconstruction is Commenced After June 6, 2001, 40 CFR 60.1000-1460 (Subpart AAAA) (小型、新規)

<http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=35d2205c5b39f1ea345ffdf8bbe62a2&mc=true&node=sp40.8.60.aaaa&rgn=div6>

・Emission Guidelines and Compliance Times for Small Municipal Waste Combustion Units Constructed on or Before August 30, 1999, 40 CFR 60.1500-1940 (Subpart BBBB) (小型、既存)

<http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=35d2205c5b39f1ea345ffdf8bbe62a2&mc=true&node=sp40.8.60.bbbb&rgn=div6>

・Standards of Performance for Other Solid Waste Incineration Units for Which Construction is Commenced After December 9, 2004, or for Which Modification or Reconstruction is Commenced on or After June 16, 2006, 40 CFR 60.2880-2975 (Subpart EEEE) (その他、新規)

<http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=bf64f6eb74b8563d49a7c5a173053ccc&mc=true&node=sp40.8.60.eeee&rgn=div6>

・Emission Guidelines and Compliance Times for Other Solid Waste Incineration Units That Commenced Construction On or Before December 9, 2004, 40 CFR 60.2980-3069 (Subpart FFFF) (その他、既存)

<http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=bf64f6eb74b8563d49a7c5a173053ccc&mc=true&node=sp40.8.60.ffff&rgn=div6>

ー廃棄物焼却施設（非有害の産業廃棄物）：

・Standards of Performance for Commercial and Industrial Solid Waste Incineration Units, 40 CFR 60.2000 – 60.2265 (Subpart CCCC)

<https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-C/part-60/subpart-CCCC>

・Emissions Guidelines and Compliance Times for Commercial and Industrial Solid Waste Incineration Units, 40 CFR 60.2500 – 60.2875 (Subpart DDDD)

<https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-C/part-60/subpart-DDDD>

ー廃棄物焼却施設（医療廃棄物）：

・Standards of Performance for New Stationary Sources: Hospital/Medical/Infectious Waste Incinerators, 40 CFR 60.50c-58c (Subpart Ec)

http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=42ccf89a2fcb9ec04d3775b8e2de87af&mc=true&node=sp40.7.60.e_0c&rgn=div6

・Emission Guidelines and Compliance Times for Hospital/Medical/Infectious Waste Incinerators, 40 CFR 60.30e-60.39e (Subpart Ce)

http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=b86560f7c07eab65f57d787bd0f51e58&mc=true&node=sp40.7.60.c_0e&rgn=div6

ー廃棄物焼却施設（有害廃棄物、セメントキルン）：National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: Final Standards for Hazardous Air Pollutants for Hazardous Waste Combustors, 40 CFR 63.1200-1211 (Subpart EEE)

<http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=3c4d6ca5148bf185a76951b629cd9b10&mc=true&node=sp40.13.63.eee&rgn=div6>

－廃棄物焼却施設（下水汚泥）：

・ Standards of Performance for New Sewage Sludge Incineration Units, 40 CFR 60.4760 – 60.4930 (Subpart LLLL)

<https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-C/part-60/subpart-LLLL>

・ Emission Guidelines and Compliance Times for Existing Sewage Sludge Incineration Units, 40 CFR 60.5000 – 60.5250 (Subpart MMMM)

<https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-C/part-60/subpart-MMMM>

－セメント生産施設：National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants From the Portland Cement Manufacturing Industry, 40 CFR 63.1340-1359 (Subpart LLL)

<http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=217c48db9a4fd30b245667bd52239f40&mc=true&node=sp40.13.63.lll&rgn=div6>

－鉄鋼製造施設：

・ National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Iron and Steel Foundries, 40 CFR 63.7680-7764 (Subpart EEEEE)（主要排出源）

<http://www.ecfr.gov/cgi-bin/retrieveECFR?gp=&SID=1f8314b57bd74246d65fa715aacb6c04&mc=true&r=SUBPART&n=sp40.15.63.eeeee>

・ National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Iron and Steel Foundries Area Sources, 40 CFR 63.10880-10906 (Subpart ZZZZ)（地域排出源）

<http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?c=ecfr;rgn=div6;view=text;node=40%3A15.0.1.1.1.13;idno=40;sid=62df1232dc085efd1ee45c5a3ef05df8;cc=ecfr>

・ National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Integrated Iron and Steel Manufacturing Facilities, 40 CFR 63.7780 – 63.7852 (Subpart FFFFF)

<https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-C/part-63/subpart-FFFFF>

・ National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: Integrated Iron and Steel Manufacturing Facilities Technology Review, Federal Register / Vol. 88, No. 145 / Monday, July 31, 2023 / Proposed Rules (<https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2023-07-31/pdf/2023-15085.pdf>)（参照 2023-11-22）

－フェロアロイ製造施設

・ National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Ferroalloys Production: Ferromanganese and Silicomanganese, 40 CFR 63.1620 - 63.1679 (Subpart XXX)

<https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-C/part-63/subpart-XXX>

<中国>

－石炭火力発電所：Emission standards of air pollutants for thermal power plants (GB 13223-2011)

Emission standard of air pollutants for thermal power plants (mee.gov.cn)

－産業用石炭燃焼ボイラー：Emission standards of air pollutants for boiler (GB 13271-2014)

Emission standard of air pollutants for boiler (mee.gov.cn)

－非鉄金属製錬（鉛、亜鉛）：Emission standards of air pollutants for lead and zinc industry (GB25466-2010)

Emission standard of pollutants for lead and zinc industry (mee.gov.cn)

－非鉄金属製錬（銅、ニッケル、コバルト）：Emission standards of air pollutants for copper, nickel and cobalt industry (GB25467-2010)

Emission standard of pollutants for copper, nickel, cobalt industry (mee.gov.cn)

－廃棄物焼却施設（都市ごみ、非有害の産業ごみ）：Standard for pollution control on the municipal solid waste incineration (GB 18485-2014)

https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/gthw/gtfwwrkzbz/201405/t20140530_276307.shtml

－廃棄物焼却施設（セメントキルン）：Standard for pollution control on co-processing of solid wastes in Cement kiln (GB 30485-2013)

Standard for pollution control on co-processing of solid wastes in Cement kiln (mee.gov.cn)

－廃棄物焼却施設（医療廃棄物）：Standard for pollution control on medical waste treatment and disposal (GB39707-2020)

https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/gthw/gtfwwrkzbz/202012/t20201218_813930.shtml

－廃棄物焼却施設（有害廃棄物）：Pollution control for hazardous waste incineration (GB18484-2020)

https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/gthw/gtfwwrkzbz/202012/t20201218_813928.shtml

－セメント生産施設：Emission standard of air pollutants for cement industry (GB 4915-2013)

Emission standard of air pollutants for cement industry (mee.gov.cn)

<カナダ>

－石炭火力発電所：

Canada-Wide Standards for Mercury Emissions from Coal-Fired Electric Power Generation Plants（October 11, 2006）

https://ccme.ca/en/res/cws_mercury_epg_e.pdf

CANADA-WIDE STANDARDS FOR MERCURY EMISSIONS FROM COAL-FIRED ELECTRIC POWER GENERATION PLANTS 2017–2018 Progress Report (2021)

https://ccme.ca/en/res/cws_mercury_coal_prgrs_rpt_2017-18en.pdf

—廃棄物焼却施設、非鉄金属生産施設：CANADA-WIDE STANDARDS for MERCURY EMISSIONS (June 5-6, 2000)

<http://www.mercury.org.cn/zcfg/gj/202107/P020210715338721815031.pdf>