

令和元年度水銀大気排出インベントリーについて

1. 背景

水俣条約における水銀大気排出に関する事項として、締約国は大気排出インベントリーを作成・維持・公表することが求められている。

2. これまでのインベントリーの作成方法

我が国ではこれまでに平成 22 (2010) 年度、平成 26~30 (2014~2018) 年度のインベントリーを作成している。作成方法としては、発生源の種類ごとに、水銀大気排出実態調査結果等における排出ガス中の水銀濃度と年間活動量等を用いて水銀大気排出係数を算出し、統計情報等から得られた全国の年間活動量を掛け合わせることを基本として排出量を推計している。

発生源種類別の水銀大気排出量 =

$$\frac{\text{水銀大気排出係数}^* (\text{mg-Hg/発生源ごとの活動量指標}) \times \text{全国の年間活動量}}{\Sigma \text{対象施設}\{\text{年間水銀排出量} (= [\text{排ガス中水銀濃度} (\mu\text{g/Nm}^3)] \times [\text{年間排出ガス量}^*1])\}} \div \Sigma \text{調査対象施設}[\text{年間活動量}]$$

*水銀大気排出係数は以下の方法で算出

$$*1 \text{ 年間排ガス量} = \text{測定時乾き排ガス量} (\text{Nm}^3/\text{h}) \times \text{年間稼働時間} (\text{h})$$

3. 最新のインベントリー

令和元 (2019) 年度を対象としたインベントリーは、地方自治体等を通じて収集した水銀排出施設における水銀濃度の測定結果のデータを活用して、以下の方法で推計を行った。

発生源種類別の水銀大気排出量 = Σ 全国施設 (施設ごとの年間水銀排出量)

*施設ごとの年間水銀排出量は以下の方法で算出

$$\text{年間水銀排出量} = [\text{排ガス中水銀濃度}^*1 (\mu\text{g/Nm}^3)] \times [\text{年間排出ガス量}^*2]$$

*1 1年に複数回の測定結果がある場合は、全データの平均値を使用。
*2 年間排ガス量 = 測定時乾き排ガス量 (Nm³/h) × 年間稼働時間 (h)

水銀大気排出係数や年間活動量等の更新により、大気排出量が変化した発生源もあるが、自然由来を含めた大気排出量は 15.3 ton-Hg/年であり、平成 30 (2018) 年度より減少した。減少したのは、水銀排出施設において、推計方法をより排出実態を反映したものに見直したことにより、大気排出量が平成 30 (2018) 年度 13.6ton-Hg/年から令和元 (2019) 年度 10.6 ton-Hg/年に減少したためであった。

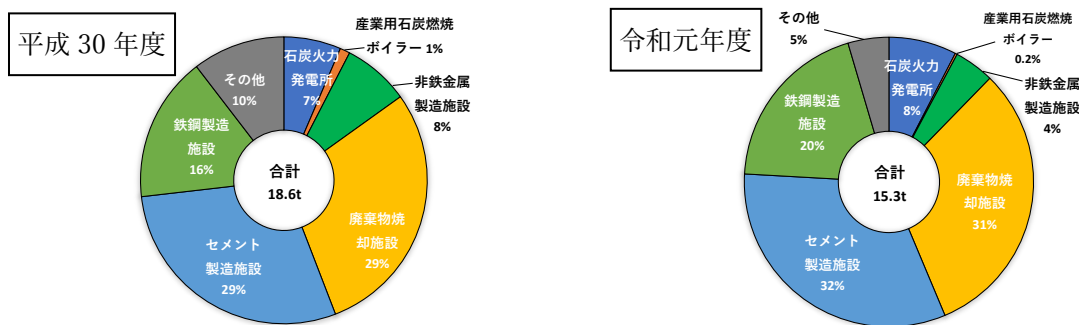


図 国内における水銀大気排出量 (自然由来含む)

表1 水銀大気排出インベントリー

分類	項目		大気排出量 (ton-Hg/年) ¹							2019年度 令和元年度	
			2010年度 平成22年度	2014年度 平成26年度	2015年度 平成27年度	2016年度 平成28年度	2017年度 平成29年度	2018年度 平成30年度	積み上げ	従来の 推計方法	
条約 附属書D 対象	石炭火力発電所		0.83~1.0	1.3	1.0	1.3	1.2	1.2	1.1	1.2	
	産業用石炭燃焼ボイラー		0.21	0.24	0.27	0.22	0.21	0.21	0.032	0.21	
	非鉄金属製造施設		0.94	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	0.63	1.4	
	廃棄物焼 却施設等	一般廃棄物焼却施設		1.3~1.9	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.3	1.5
		産業廃棄物焼却施設		0.73~4.1	2.5	2.3	2.4	2.5	2.4	1.9	2.3
		下水汚泥焼却施設 ²		0.17~0.85	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	0.22	1.5
	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		N.E.	N.E.	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045	0.0020	0.0020	
	セメント製造施設		5.3	5.5	5.4	5.4	5.5	5.4	4.5	5.3	
条約附属書D対象 小計		8.5~14.1	13.6	13.2	13.5	13.7	13.6	10.6	13.3		
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）	4.1	1.8	1.7	1.7	1.7	2.4	2.1	
			その他（高炉副生ガス由来、 コークス炉副生ガス由来）		0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	
		二次製鉄	製鋼用電気炉	0.62	0.54	0.49	0.51	0.51	0.51	0.49	
	石油精製施設		0.14	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11		
	石油・ガス生産施設		<0.0010	0.000050	0.000050	0.000050	0.000050	0.000050	0.000050		
	石油等の 燃焼	石油火力発電施設		0.0090	0.013	0.011	0.0072	0.0049	0.0026	0.0016	
		LNG火力発電所		0.0014	0.0016	0.0011	0.0018	0.0012	0.0012	0.0011	
		産業用ボイラー（石油系）		0.0029	0.0021	0.0019	0.0020	0.0022	0.0019	0.0022	
		産業用ボイラー（ガス系）		0.00094	0.00065	0.00073	0.00044	0.00075	0.00077	0.00074	
	生産プロセスに水銀または水銀化合物を使用する施設 ³		N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.		
	水銀使用 製品廃棄	加熱工程を含まない施設 [うち、蛍光灯回収・破碎施設]		N.E.	N.E. [0.000003]	<0.00001 [0.000006]	<0.00001 [0.000005]	<0.00001 [0.000004]	<0.000047 [0.0000038]	<0.000047 [0.0000039]	

分類	項目		大気排出量 (ton-Hg/年) ¹						2019年度 令和元年度		
			2010年度 平成22年度	2014年度 平成26年度	2015年度 平成27年度	2016年度 平成28年度	2017年度 平成29年度	2018年度 平成30年度	積み上げ	従来の 推計方法	
物の中間 処理施設 ⁴ 水銀使用 製品製造 施設 その他 ⁹			[0.000005～ 0.000006]								
		水銀回収時に加熱工程を含む施設	N.E.	N.E.	0.000030	0.000030	0.000030	0.000015	0.000015		
	水銀使用 製品製造 施設		バッテリー製造施設 ⁵	0	0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
			水銀スイッチ・リレー製造施設	N.E.	N.E.	< 0.000001	< 0.000001	< 0.000001	< 0.0000012	< 0.0000012	
			ランプ類製造施設 ⁶	0.010	0.0050	0.0050	0.0050	0.0040	0.0036	0.0036	
			石鹸及び化粧品製造施設 ⁷	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	
			殺虫剤及び殺生物剤（農薬）製造 ⁷	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	
			水銀血圧計製造施設 ⁸	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
			水銀体温計製造施設 ⁷	N.E.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	
			歯科用水銀アマルガム製造施設 ⁷	0.00040	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	
			チメロサル製造施設 ⁷	N.E.	N.E.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	
		銀朱製造施設	N.E.	N.E.	0.0000050	0.0000050	0.0000050	0.0000046	0.0000046		
	その他 ⁹		石灰製品製造	1.0	< 0.22	0.46	0.10	0.05	0.045	0.043	
			パルプ・製紙（黒液）	0.23	< 0.042	< 0.041	< 0.041	< 0.041	< 0.041	0.040	
			カーボンブラック製造	0.11	0.094	0.09	0.08	0.09	0.092	0.088	
			火葬	0.065	0.069	0.07	0.07	0.07	0.073	0.074	
			運輸 ¹⁰	0.065	0.063	0.059	0.059	0.059	0.059	0.057	
			バイオマス燃焼を用いた電力・熱供給施設	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	0.015	0.016	0.017	
		フェロアロイ製造施設	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	0.19	0.21	0.20		
	条約附属書D 対象外（自然由来除く）小計	6.4	3.1	3.2	2.8	3.0	3.7	3.4			
自然由来	火山	>1.4	>1.4	> 1.4	> 1.4	> 1.4	> 1.4	> 1.4			
合計※（ ）は自然由来を除いたもの			17.2～22.1 (15.8～20.7)	18.1 (16.8)	17.8 (16.4)	17.7 (16.3)	18.1 (16.8)	18.6 (17.3)	15.3 (14.0)	18.0 (16.7)	

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。なお、2019 年度のインベントリーでは、推計に用いる年間稼働時間として、施設設置届出に記載されている値を使用した。参考情報として、従来の推計方法で推計した場合の排出量についても併記した。

注2：2019 年度のインベントリーについては、原則として 2019 年度（2019 年 4 月～2020 年 3 月）の活動量等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中に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 一般蛍光ランプ、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、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）。

表2 インベントリーの推計方法の変化

分類	項目		2010年度 平成22年度	2014年度 平成26年度	2015年度 平成27年度	2016年度 平成28年度	2017年度 平成29年度	2018年度 平成30年度	2019年度 令和元年度	
条約附属書D 対象	石炭火力発電所		文献から入手した排出係数(カバー率:29%)に活動量に乗じて算出	活動量のみ更新	実測データから排出係数更新(カバー率52%)。平成28年度以降は活動量のみ更新				個々の施設ごとに大気汚染防止法に基づく排出ガス中水銀濃度の測定結果(1年間の全データの平均)に年間稼働時間に乗じて年間で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。なお、2019年度のインベントリーでは、推計に用いる年間稼働時間として、施設設置届出に記載されている値を使用した。	
	産業用石炭燃焼ボイラー		文献から入手した排出係数に活動量に乗じて算出	実測データに基づき排出係数更新(カバー率:35%)。平成27年度以降は、活動量のみ更新。						
	非鉄金属製造施設		業界団体による推計値を使用	実測データに基づき排出係数更新算出。(カバー率は推計した区分により異なるが数%~100%)(一部積み上げ式で算出)。 平成27年度以降は、活動量のみ更新。(一部積み上げ式で算出している箇所については、同じ値を使用。)						
	廃棄物 焼却施設等	一般廃棄物焼却施設		文献から入手した排出係数に活動量に乗じて算出	実測データに基づき排出係数更新(カバー率:0.8%) 平成27年度以降は、活動量のみ更新。					
		産業廃棄物焼却施設		文献から入手した排出係数に活動量に乗じて算出	実測データを基に平均水銀濃度算出。(カバー率:約14%) 平成27年度以降は、活動量のみ更新。					
		下水汚泥焼却施設		文献から入手した排出係数に活動量に乗じて算出	実測データに基づき排出係数更新(カバー率:約2%) 平成27年度以降は、活動量のみ更新。					
	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。)		未推計	未推計	実測結果使用(全国カバー率100%)		同じ値を使用			
セメント製造施設		実測データに基づく排出係数(カバー率98%)に活動量に乗じて算出	実測データに基づき排出係数更新(カバー率:100%) 平成27年度は、活動量のみ更新							
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)	実測データに基づく排出係数(カバー率約24%)に活動量に乗じて算出	実測データに基づき排出係数を更新(カバー率:100%) 平成27年度以降は、活動量のみ更新。			当該年度の実測データに基づく排出係数(カバー率100%)に活動量に乗じて算出	当該年度の実測データに基づく排出係数(カバー率100%)に活動量に乗じて算出	
			高炉副生ガス由来、コクス炉副生ガス由来	文献から入手した排出係数に活動量に乗じて算出	活動量のみ更新					

分類	項目		2010年度 平成22年度	2014年度 平成26年度	2015年度 平成27年度	2016年度 平成28年度	2017年度 平成29年度	2018年度 平成30年度	2019年度 令和元年度	
	二次製鉄	製鋼用電気炉	実測データに基づく排出係数(カバー率約30%)に活動量を乗じて算出	実測データに基づき排出係数を更新(カバー率:94%) 平成27年度以降は、活動量のみ更新。			当該年度の実測データに基づく排出係数(カバー率100%)に活動量を乗じて算出		当該年度の実測データに基づく排出係数(カバー率100%)に活動量を乗じて算出	
	石油精製施設		文献から入手した排出係数に活動量を乗じて算出	活動量のみ更新						
	石油・ガス生産施設		ヒアリング調査により排出量を入手	同じ値を使用						
	石油等の燃焼	石油火力発電施設	文献から入手した排出係数に活動量を乗じて算出。平成26年度以降は、活動量のみ更新。							
LNG火力発電所										
産業用ボイラー(石油系)										
産業用ボイラー(ガス系)										
	生産プロセスに水銀または水銀化合物を使用する施設		文献調査により国内発生源がないことを確認							
水銀使用製品 廃棄物の中間 処理施設	加熱工程を含まない 施設	蛍光ランプ回収・破碎施設	文献から入手した排出係数に活動量を乗じて算出	活動量のみ更新	係数を一部更新	活動量のみ更新				
		血圧計等から液体水銀の抜き取りを行う施設	未推計	未推計	実測データに基づく排出係数(国内1施設)に活動量を乗じて算出	活動量のみ更新				
	水銀回収時に加熱工程を含む施設		未推計	未推計	実測結果使用		同じ値を使用			
水銀使用製品 製造施設	バッテリー製造施設		未推計	未推計	未推計	未推計	未推計	未推計	未推計	
	水銀スイッチ・リレー製造施設		未推計	未推計	実測結果使用(カバー率100%)		同じ値を使用			
	ランプ類製造施設		文献から入手した排出係数に活動量を乗じて算出。平成26年度以降は、活動量のみ更新							
	石鹸及び化粧品製造施設		文献調査により国内発生源がないことを確認							
	殺虫剤及び殺生物剤(農薬)製造									
	水銀血圧計製造施設		未推計	未推計	国内発生源があることを確認したが、排出量は未推計					
水銀体温計製造施設		未推計	ヒアリング調査により国内発生源がないことを確認							

分類	項目		2010年度 平成22年度	2014年度 平成26年度	2015年度 平成27年度	2016年度 平成28年度	2017年度 平成29年度	2018年度 平成30年度	2019年度 令和元年度			
		歯科用銀アマルガム製造施設	文献から入手した排出係数に活動量を乗じて算出	ヒアリング調査により国内発生源がないことを確認								
		チメロサル製造施設	未推計	未推計	ヒアリング調査により発生源がないことを確認							
		銀朱製造施設	未推計	未推計	実測結果使用（全国カバー率100%）	同じ値を使用						
	その他	石灰製品製造	文献から入手した排出係数に活動量を乗じて算出	排出係数更新	排出係数更新	推計方法変更	実測データに基づく排出係数(カバー率約3%)に活動量を乗じて算出	活動量更新				
		パルプ・製紙(黒液)						実測データに基づき排出係数更新(カバー率:約50%)。以降は、活動量のみ更新				
		カーボンブラック製造						活動量のみ更新				
		火葬						活動量のみ更新				
		運輸						活動量のみ更新				
		バイオマス燃焼を用いた電力・熱供給施設						未推計	未推計	未推計	未推計	実測データに基づく排出係数(カバー率100%)に活動量を乗じて算出
		フェロアロイ製造施設	未推計	未推計	未推計	未推計	実測データに基づく排出係数(カバー率100%)に活動量を乗じて算出	活動量更新				
自然由来	火山	文献値を使用	同じ値を使用									