

## 我が国における 2005 年水銀排出量の推定結果

貴田ら「平成 19 年度循環廃棄過程を含めた水銀の排出インベントリと排出削減に関する研究」(2008.3) の手法(排出係数、排出総括係数、排出低減効率)を用いて、各項目の生産量や消費量などを 2005 年データに更新することにより、排出量の新たな算定を行った。日本の排出インベントリについて、2002 年排出量と、新たに算定した 2005 年排出量を比較し、表 1 に示す。

表 1 日本の排出インベントリ

部門	項目	2002 年ベース インベントリ (Mg/yr)	2005 年ベース インベントリ (Mg/yr)	
燃焼部門	石炭燃焼	火力発電	1.081	1.229
		産業用ボイラー	0.33	0.569
	石油燃焼	火力発電	0.307	0.299
		産業用ボイラー	1.19	1.05
	一般廃棄物燃焼		0.107~0.247	0.098~0.236
	医療廃棄物燃焼		0.49~1.64	0.57~1.68
	下水汚泥焼却・溶融		0.253~1.46	0.258~1.48
	産業廃棄物燃焼	廃プラスチック類	0.016~0.537	0.017~0.657
		紙くず	0.013	0.0055
		木くず	0.020~0.178	0.013~0.116
		繊維くず	0.0033~0.010	0.0033~0.011
		ゴムくず	$1.43 \times 10^{-5} \sim 1.3 \times 10^{-3}$	0.000021~0.0019
その他汚泥		0.521	0.661	
	シュレッダーダスト	0.049~0.793	0.049~0.793	
製造部門	鉄鋼・製鉄		3.14	3.26
	非鉄金属製錬		0.52~3.56	0.52~4.61
	セメント製造		8.94	8.94
	石灰石製造		1.06	1.06
	カーボンブラック製造		0.113	0.121
	コークス製造		0.773	0.886
	パルプ・製紙		0.423~0.648	0.427~0.652
	塩素アルカリ工業		0	0
	バッテリー製造		0.00087	0.00183
	電気スイッチ製造		0.00433	0.00433
	蛍光灯製造		0.026	0.018
	その他	火葬		0.057
蛍光灯回収・破砕		$8.13 \times 10^{-6} \sim 1.02 \times 10^{-5}$	$7.23 \times 10^{-6} \sim 9.03 \times 10^{-6}$	
歯科(アマルガム)		0.0077	0.003	
運輸(燃料由来)		0.797	0.773	
自然由来	火山		>1.4	>1.4
計 ( )は自然由来を除く		21.642~28.835 (20.242~27.435)	22.292~30.574 (20.892~29.174)	

出典：2002 年ベースインベントリ：貴田晶子、平井康宏、酒井伸一、守富寛、高岡昌輝、安田憲二「循環廃棄過程を含めた水銀の排出インベントリと排出削減に関する研究、平成 18 年度廃棄物処理等科学研究費補助金 研究成果報告書」

2005 年ベースインベントリ：上記報告書の排出係数、総括排出係数、排出低減効率を用いて、2005 年ベースのインベントリを新たに算定した。

排出量の算定は、統計資料などにより得られた各部門の 2005 年における使用量や焼却量、製造出荷量等に、貴田らがまとめた排出係数や排出総括係数及び排出低減効率を乗じて算出した。

以下に、各項目についてまとめる。なお、表中で黄色く網掛けして示した数値は、表 1 にも示した合算値である。

## I 燃焼部門

### 1. 石炭燃焼

石炭火力発電と産業用ボイラーによる排出について表 2 に示す。使用量は「日本の統計（2008）」の 2005 年度データに示されているエネルギー量より、石炭の標準発熱量を除することにより求めた。排出量は使用量に排出係数と排出低減効率を乗じて算出した。排出低減効率は石炭火力発電については 72.9%、産業用ボイラーについては 47.9%としている。

表 2 石炭燃焼による排出

項目		使用量 (Gg/yr)	排出係数 (g-Hg/Mg)	排出低 減効率	排出量 (Mg/yr)
石炭火力発電	石炭	89,023	0.0454	72.9%	1.229
	石炭コークス	10,831	0.0454		
産業用ボイラー	石炭	11,429	0.0454	47.9%	0.569
	石炭コークス	12,425			

### 2. 石油燃焼

石油火力発電と産業用ボイラーによる排出について表 3 に示す。使用量は「日本の統計（2008）」の 2005 年度データに示されているエネルギー量より、各種の発熱量を除することにより求めた。排出量は使用量に水銀濃度と排出低減効率を乗じて算出した。排出低減効率は石炭火力発電については 72.9%、産業用ボイラーについては 47.9%としている。

表3 石油燃焼による排出

項目		使用量 (Gg/yr)	水銀濃度 (mg/kg)	排出低 減効率	排出量 (Mg/yr)	備考
石油火力発電	原油	6,718	0.026	72.9%	0.0473	
	ナフサ	0	0.014		0	
	ガソリン	0	0.0038		0	
	ジェット燃料油	0	-		0	
	灯油	301	0.015		0.00012	
	軽油	129	0.014		0.00049	
	重油	15,301	0.059		0.245	
	LPG	308	0.014		0.00002	
	天然ガス	41,914	0.0005		0.00568	使用量の単位は 100 万 Nm <sup>3</sup>
	都市ガス	2,758	0.0005		0.00037	水銀濃度の単位は mg-Hg/Nm <sup>3</sup>
	合計					0.299
産業用ボイラー	原油	0	0.026	47.9%	0	
	ナフサ	0	0.014		0	
	ガソリン	867	0.0038		0.00175	
	ジェット燃料油	616	-		0	
	灯油	11,773	0.015		0.092	
	軽油	4,121	0.014		0.0300	
	重油	30,080	0.059		0.924	
	LPG	4,262	0.014		0.0004	
	天然ガス	2,020	0.0005		0.00053	使用量の単位は 100 万 Nm <sup>3</sup>
	都市ガス	17,461	0.0005		0.00455	水銀濃度の単位は mg-Hg/Nm <sup>3</sup>
	合計					1.05

### 3. 廃棄物焼却による排出

石油火力発電と産業用ボイラーによる排出について表4に示す。一般廃棄物焼却に関する焼却量は「日本の統計（2008）」の2005年度データを用いた。医療廃棄物焼却に関する焼却量は、「平成17年度医療施設調査・病院報告の概要」の病院数・病床数に医療廃棄物原単位を乗じて算出した。また、下水汚泥焼却に関する焼却量は、「下水道統計（行政編）」の2005年度データを用いた。

表4 廃棄物焼却による排出

項目	焼却量 (Gg/yr)	排出係数 (Mg/kg)	排出低 減効率	排出量 (Mg/yr)	備考
一般廃棄物焼却	38,495	0.034~0.0784	92.5%	0.098~0.236	
医療廃棄物焼却	1,095-1,371	1.00~2.35	47.9%	0.57~1.68	
下水汚泥焼却	1,588-1,781	0.312~1.60	47.9%	0.258~1.48	

### 4. 産業廃棄物焼却による排出

産業廃棄物焼却による排出について表5に示す。焼却量は「産業廃棄物排出・処理状況調査報告書（平成17年度実績）」の産業廃棄物別の中間処理量・再生利用量等を元に算出した。排出量は焼却量に排出係数と排出低減効率を乗じて算定した。排出低減効率は47.9%とした。なお、自動車シュレッダーダストの焼却量については、最新のデータが得られなかったため、2002年ベースの排出量をそのまま用いた。

なお、産業廃棄物焼却に関する排出係数は、全国の産業廃棄物焼却施設の排ガス処理装置（ウェットスクラバー、電気集塵機、バグフィルタなど）の設置割合に各排ガス処理施設での水銀排出低減効率を乗じ、平均することで得られた排出係数47.9%を用いて算出した。

表5 産業廃棄物焼却による排出

項目	焼却量 (Gg/yr)	排出係数 (g-Hg/Mg)	排出低 減効率	排出量(Mg/yr)	備考
廃プラスチック	2,832	0.0115~0.384	47.9%	0.017~0.657	
紙くず	586	0.018	47.9%	0.0055	
木くず	1,976	0.013~0.113	47.9%	0.013~0.116	
繊維くず	55	0.161~0.493	47.9%	0.0033~0.011	
ゴムくず	20	0.002~0.187	47.9%	0.000021~ 0.0019	
その他汚泥	2,848	0.446	47.9%	0.661	
自動車シュレッ ダーダスト	5,550~7,500	0.170~2.03	47.9%	0.049~0.793	排出量は2002年ベース

## II 製造部門

### 5. 製造に伴う排出

#### 5.1 鉄鋼・製鉄及び石灰石・カーボンブラック製造に伴う排出

製造に伴う排出のうち、鉄鋼・製鉄及び石灰石・カーボンブラック製造に伴う排出について表6に示す。焼却量は「日本の統計（2008）」、「石灰石鉱業協会 HP」、「化学工業統計年報」等を用いた。鉄鋼・製鉄及び石灰石については、出荷・生産量に排出係数と排出低減効率を乗じて排出量を算定した。また、カーボンブラック、バッテリー、電気スイッチは出荷・排出量に、排出低減効率も込みの数値である総括排出係数を乗じて排出量を算定した。

なお、電気スイッチについては、最新のデータが得られなかったため、2002年ベースの排出量をそのまま用いた。

表6 鉄鋼・製鉄及び石灰石・カーボンブラック製造等に伴う排出

項目	出荷・生産量 (Gg/yr, バッテリー、電気スイッチはMg/yr)	排出係数 (g-Hg/Mg)	総括排出係数 (g-Hg/Mg)	排出低減効率	排出量 (Mg/yr)	備考
鉄鋼・製鉄	112,471	0.056	0.029	47.9%	3.26	
石灰石	10,470 <sup>注</sup>	0.127	0.101	20.4%	1.06	
カーボンブラック	805	—	0.15	—	0.121	
コークス	38,685	0.0439	0.0229	47.9%	0.886	
バッテリー	1.8	—	1000	—	0.00183	
電気スイッチ	1.08	—	4000	—	0.0043	排出量は2002年ベース

注：製品生産量あたり（消石灰＋生石灰）

#### 5.2 非鉄精錬に伴う排出

非鉄精錬に伴う排出について表7に示す。生産量は「非鉄金属需給統計」を用いた。排出量は生産量に総括排出係数を乗じて排出量を算定した。なお、銅とニッケルの二次精錬については、最新のデータが得られなかったため、2002年ベースの排出量をそのまま用いた。

表7 非鉄精錬に伴う排出

項目		生産量 (Gg/yr)	総括排出係数 (g-Hg/Mg)	排出量 (Mg/yr)	備考
亜鉛	一次精錬	638.4	5.26	3.36	
	二次精錬	36.7	0.0502	0.00184	
鉛	一次精錬	219.6	0.0589~5.26	0.0129~1.16	
	二次精錬	54.9	0.0716	0.0039	
銅	一次精錬	1395.3	0.0502	0.070	
	二次精錬	176.5	0.0502	0.00886	排出量は2002年ベース
ニッケル	一次精錬	29.79	0.0502	0.0015	
	二次精錬	63.14	0.0502	0.00317	排出量は2002年ベース
合計				3.46~4.61	

また、日本鋳業協会の調査では、国内の非鉄精錬に伴う大気排出量として **0.52Mg/yr** と報告されている。文献等による算出値と幅があったため、マテリアルフローなどで使用する排出量としては、**0.52~4.61Mg/yr** とした。

### 5.3 セメント製造に伴う排出

社団法人セメント協会による国内 55 施設での水銀排出量調査の結果では、国内のセメント製造施設からの大気への総排出量は **8.94Mg/yr** と見積もられた。

### 5.4 パルプ・製紙製造に伴う排出

パルプ・製紙製造に伴う排出について表8に示す。石炭、重油、灯油については、出荷・生産量に排出係数と排出低減効率を乗じて排出量を算定した。また、黒液とパルプスラッジについては出荷・排出量に、排出低減効率も込みの数値である総括排出係数を乗じて排出量を算定した。なお、黒液とパルプスラッジについては、2005年ベースの使用量/焼却量が得られなかったため、2002年ベースの排出量をそのまま用いた。

表8 パルプ・製紙製造に伴う排出

項目	使用量/焼却量 (Mg/yr)	排出係数 (g-Hg/Mg)	総括排出係数 (g-Hg/Mg)	排出低減効率	排出量 (Mg/yr)	備考
石炭	5,100,000	0.0454	—	47.9%	0.121	
重油	348,000	0.0594	—	47.9%	0.0108	
灯油	22,000	0.015	—	47.9%	0.00017	
黒液	14,281,733	—	0.0195	—	0.278	排出量は2002年ベース
パルプスラッジ	1,874,000	—	0.009～ 0.129	—	0.017～0.242	
合計					0.427～0.652	

### 5.5 蛍光管製造に伴う排出

蛍光管製造に伴う排出について表9に示す。生産数や水銀含有量、水銀使用量は、日本電球工業会データを用いて、総括排出係数を乗じて排出量を算出した。

表9 蛍光管製造に伴う排出

項目	生産数 (1000本/yr)	水銀含有量 (mg/本)	水銀使用量 (Mg/yr)	総括排出係数 (g-Hg/Mg-Hg)	排出量 (Mg/yr)
一般蛍光ランプ	361,211	7.5	2.709	4000	0.018
バックライト	498,168	2.8	1.386		
H I Dランプ	9,284	67.5	0.627		
合計			4.722		

## 6. その他

### 6.1 火葬に伴う排出

火葬に伴う排出を表 1 0 に示す。日本では死者の全てを火葬していると考えられるため、火葬数＝年間死者数として、厚生労働省の「人口動態調査」からデータを得た。

火葬数に総括排出係数を乗じて、排出量を算出した。

表 1 0 火葬に伴う排出

項目	火葬数 (件/yr)	排出係数 (g-Hg/Mg)	総括排出係数 (g-Hg/件)	排出量 (Mg/yr)
火葬	1,083,796	—	0.0518	0.056

※厚生労働省 人口動態調査

### 6.1 蛍光管回収に伴う排出

蛍光管回収に伴う排出を表 1 1 に示す。蛍光管のうち、一般蛍光ランプのみリサイクルされるとし、一般蛍光ランプ使用量（表 1 0 参照）にリサイクル率に排出係数を乗じて排出量を算出した。リサイクル率は回収業者からのヒアリングによるものである。

表 1 1 蛍光管回収に伴う排出

項目	蛍光管使用量 (Mg/yr)	リサイクル率 (%)	排出係数 (g-Hg/Mg)	排出量 (Mg/yr)
蛍光管回収	2.709	16	16.67～20.83	$7.23 \times 10^{-6} \sim 9.03 \times 10^{-6}$

### 6.2 歯科用アマルガム使用に伴う排出

歯科用アマルガム使用に伴う排出を表 1 2 に示す。アマルガム出荷量は、(社)日本歯科商工協会データを用いた。出荷量に総括排出係数を乗じて、排出量を算出した。

表 1 2 歯科用アマルガム使用に伴う排出

項目	アマルガム出荷量 (Mg-Hg/yr)	排出係数 (g-Hg/Mg-Hg)	総括排出係数 (g-Hg/Mg-Hg)	排出量 (Mg/yr)
歯科用アマルガム	0.150	—	20000	0.003

### 6.3 運輸での燃料消費に伴う排出

運輸での燃料消費に伴う排出を表 1 3 に示す。消費量は「日本の統計 (2008)」の 2005 年度データに示されているエネルギー量より、各種の発熱量を除することにより求めた。消費量に総括排出係数を乗じて、排出量を算出した。

表 1 3 運輸での燃料消費に伴う排出

項目	消費量 (Mg/yr)	排出係数 (g-Hg/Mg)	総括排出係数 (g-Hg/Mg)	排出量 (Mg/yr)
ガソリン	45,194,759	—	0.00387	0.175
ジェット燃料油	3,422,044	—	—	—
灯油	0	—	0.015	0
軽油	25,802,038	—	0.014	0.361
重油	4,009,645	—	0.059	0.237
計				0.773

表 1 4 (1) 2002 年と 2005 年インベントリの比較表 その 1 (燃焼部門)

部門	項目	インベントリ (Mg/yr)			使用量・生産量等 (明記した項目以外は Gg/yr)		
		2002 年ベース インベントリ	2005 年ベース インベントリ	増減	項目	2002 年 統計値	2005 年 統計値
石炭燃焼	火力発電	1.081	1.229	↑	石炭・コークス	87,913	99,854
	産業用ボイラー	0.33	0.569	↑	使用量	9,248	11,429
石油燃焼	火力発電	0.307	0.299	↓	原油使用量	5,895	6,718
					ナフサ	21	0
					ガソリン	0	0
					灯油	172.2	301
					軽油	236.1	129
					重油	15,996	15,301
					LPG	717	308
					天然ガス	46,019	41,914
	産業用ボイラー	1.19	1.05	↓	原油使用量	0	0
					ナフサ	0	0
					ガソリン	63	867
					灯油	13,774	11,773
					軽油	4,915	4,121
					重油	33,753	30,080
					LPG	10,616	4,262
					天然ガス	934	2,020
一般廃棄物燃焼	0.107~0.247	0.098~0.236	↓	焼却量	42,016,190	38,495,000	
				医療廃棄物燃焼	0.49~1.64	0.57~1.68	↑
下水汚泥焼却・溶融	0.253~1.46	0.258~1.46	↑	焼却量	1,560~1,750	1,588~1,781	
産廃燃焼	廃プラスチック類	0.016~0.537	0.017~0.657	↑	焼却量	2,686	2,832
	紙くず	0.013	0.0055	↓		1,345	586
	木くず	0.020~0.178	0.013~0.116	↓		3,022	1,976
	繊維くず	0.0033~0.010	0.0033~0.011	↑		39.6	55
	ゴムくず	$1.43 \times 10^{-5} \sim 1.3 \times 10^{-3}$	$0.000021 \sim 0.0019$	↑		13.75	20
	その他汚泥	0.521	0.661	↑		2,243	2,848
	シュレッダーダスト	0.049~0.793	0.049~0.793	—		550~750	—

注：黄色で示した数値は 2002 年統計値をそのまま用いた

表 1 4 (2) 2002 年と 2005 年インベントリの比較表 その 2 (製造部門・その他)

部門	項目	インベントリ (Mg/yr)			使用量・生産量等 (明記した項目以外は Gg/yr)		
		2002 年ベース インベントリ	2005 年ベース インベントリ	増減	項目	2002 年 統計値	2005 年 統計値
製造部門	鉄鋼・製鉄	3.14	3.26	↑	生産量	107,745	112,471
	非鉄金属製錬	0.52~3.56	0.52~4.61	↑	亜鉛一次 生産量	564.5	638.4
					亜鉛二次 "	79.9	36.7
					鉛一次 "	94.3	219.6
					鉛二次 "	208.1	54.9
					銅一次 "	1,249	1,395.3
					銅二次 "	176.5	176.5
					ニッケル一次 "	70.86	29.79
	ニッケル二次 "	63.14	63.14				
	セメント製造	8.94	8.94	→	業界報告値		
	石灰石製造	1.06	1.06	→		10,470	10,470
	カーボンブラック製造	0.113	0.121	↑	生産量	755	805
	コークス製造	0.773	0.886	↑		33,820	38,685
	パルプ・製紙	0.423~0.648	0.427~0.652	↑	石炭使用量	4,930	5,100
					重油 "	347.8	348
					灯油 "	21.5	22
					黒液 "	14,281.7	14,281.7
パルプスラッジ "					1,874	1,874	
塩素アルカリ工業	0	0	→		0	0	
バッテリー製造	0.00087	0.00183	↑	水銀 使用量 (Mg/yr)	0.865	1.8	
電気スイッチ製造	0.00433	0.00433	→		1.083	1.083	
蛍光灯製造	0.026	0.018	↓		6.39	4.722	
火葬	0.057	0.056	↓		件数 (件)	1,100,000	1,083,796
蛍光灯回収・破碎	$8.13 \times 10^{-6} \sim 1.02 \times 10^{-5}$	$7.23 \times 10^{-6} \sim 9.03 \times 10^{-6}$	↓	水銀使用量 (Mg/yr)	3.05	2.709	
歯科(アマルガム)	0.0077	0.003	↓	出荷量 (Mg-Hg/yr)	0.385	0.15	
運輸(燃料由来)	0.797	0.773	↓	ガソリン使用量	44,859	45,194.8	
				灯油 "	0	0	
				軽油 "	27,234	25,802	
				重油 "	4,086	4,009.6	
計	20.242~ 27.435	20.892~29.174					

注：黄色で示した数値は 2002 年統計値をそのまま用いた