資料 4.1

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
		産業用ﾎﾞｲﾗｰ	0.33	0.569
	石油燃焼	火力発電	0.307	0.299
		産業用ﾎﾞｲﾗｰ	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	廃ﾌﾟﾗｽﾁｯｸ類	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	1.43×10^{-5}～1.3×10^{-3}	0.000021～0.0019
		その他汚泥	0.521	0.661
		ｼｭﾚｯﾀﾞｰﾀﾞｽﾄ	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
	ｶｰﾎﾞﾝﾌﾞﾗｯｸ製造		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
	ﾊﾞｯﾃﾘｰ製造		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	0.056
	蛍光灯回収・破砕		8.13×10^{-6}～1.02×10^{-5}	7.23×10^{-6}～9.03×10^{-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ー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^3
	都市ガス	2,758	0.0005		0.00037	水銀濃度の単位は mg-Hg/Nm^3
	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^3
	都市ガス	17,461	0.0005		0.00455	水銀濃度の単位は mg-Hg/Nm^3
	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 注	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、日本鉱業協会の調査では、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		
ＨＩＤ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１０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１０　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１１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１０参照）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１１　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	7.23×10^{-6}～9.03×10^{-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１２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１２　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１３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１３　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１４(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） 2002 年ベースインベントリ	2005 年ベースインベントリ	増減	使用量・生産量等（明記した項目以外は Gg/yr） 項目	2002 年統計値	2005 年統計値
燃焼部門	石炭燃焼	火力発電	1.081	1.229	↑	石炭・ｺｰｸｽ使用量	87,913	99,854
		産業用ﾎﾞｲﾗｰ	0.33	0.569	↑		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
						ｶﾞｿﾘﾝ〃	0	0
						灯油〃	172.2	301
						軽油〃	236.1	129
						重油〃	15,996	15,301
						LPG〃	717	308
						天然ｶﾞｽ〃	46,019	41,914
						都市ｶﾞｽ〃	1,651	2,758
		産業用ﾎﾞｲﾗｰ	1.19	1.05	↓	原油使用量	0	0
						ﾅﾌｻ〃	0	0
						ｶﾞｿﾘﾝ〃	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
						天然ｶﾞｽ〃	934	2,020
						都市ｶﾞｽ〃	14,160	17,461
	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	↑	焼却量	945～1,337	1,095～1,371
	下水汚泥焼却・溶融		0.253～1.46	0.258～1.46	↑	焼却量	1,560～1750	1,588～1,781
	産廃燃焼	廃ﾌﾟﾗｽﾁｯｸ類	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	1.43×10^{-5}～1.3×10^{-3}	0.000021～0.0019	↑		13.75	20
		その他汚泥	0.521	0.661	↑		2,243	2,848
		ｼｭﾚｯﾀﾞｰﾀﾞｽﾄ	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１４(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	→	生産量	10,470	10,470
	ｶｰﾎﾞﾝﾌﾞﾗｯｸ製造	0.113	0.121	↑		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
					ﾊﾟﾙﾌﾟｽﾗｯｼﾞ〃	1,874	1,874
	塩素ｱﾙｶﾘ工業	0	0	→	水銀使用量（Mg/yr）	0	0
	ﾊﾞｯﾃﾘｰ製造	0.00087	0.00183	↑		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
その他	火葬	0.057	0.056	↓	件数（件）	1,100,000	1,083,796
	蛍光灯回収・破砕	8.13×10^{-6}～1.02×10^{-5}	7.23×10^{-6}～9.03×10^{-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	↓	ｶﾞｿﾘﾝ使用量	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