

参考資料 1

平成 20 年度 マテリアルフローの把握及び 排出インベントリーの作成に関する基礎調査結果

1. 我が国における 2005 年ベースの大気水銀排出量の推計

平成 19 年度調査では、貴田晶子ら「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 17～19 年度)の手法を参考に、2005 年ベースの大気水銀排出量を推計した。以下に、各項目についてまとめる。なお、表中で下線で示した数値は、表 1.1-1 にも示した合算値である。

1.1 推計方法及び推計結果の概要

貴田晶子ら「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 17～19 年度)の手法を用いて、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、2005 年排出量を推計した。

2002 年排出量と 2005 年排出量を比較し、表 1.1-1 に示す。

表 1.1-1 日本の排出インベントリ

部門	項目	2002年ベース 排出インベントリ (Mg/yr)	2005年ベース 排出インベントリ (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17~19年度）

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。

部門ごとの排出量の推計方法及び推計結果を以下に示す。

なお、下線で示した数値は表 4.1 1 に記載した合算値である。

1.2 燃焼部門

石炭燃焼石炭燃焼由来の排出量を表 1.2-1 に示す。排出量は使用量に排出係数を乗じ、排出低減効率を考慮して算出した。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。排出係数は我が国で使用された石炭の平均濃度を用いた。また、排出低減効率については、石炭火力発電は 72.9%、産業用ボイラーは 47.9%を用いた。

表 1.2-1 石炭燃焼による排出

項目		使用量 ¹⁾ (Gg/yr)	排出係数 ²⁾ (g-Hg/Mg)	排出低減効 率	排出量 (Mg/yr)	備考
石炭火力発電	石炭	89,023	0.0454	72.9% ²⁾	<u>1,229</u>	
	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% ³⁾	<u>0,569</u>	
	石炭コークス	12,425				

出典 1)：日本の統計 2008(総務省統計局)の 2005 年度データをもとに算出。

2)：石炭火力発電所の微量物質排出実態調査 調査報告：W02002(平成 14 年 11 月 電力中央研究所)。排出係数は国内で使用される石炭中水銀の平均値、石炭火力発電の低減率は国内火力発電所での実測をもとに設定された値である。

3)：貴田ら「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 17～19 年度)。排出低減効率は産業廃棄物焼却と同じ値が用いられている。

(1) 石油燃焼

石油燃焼由来の排出量を表 1.2-2 に示す。排出量は使用量に水銀濃度を乗じ、排出低減効率を考慮して算出した。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。排出係数は国内外の文献をもとに設定された値を用いた。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 1.2-2 石油燃焼による排出

項目		使用量 ¹⁾ (Gg/yr)	水銀濃度 ²⁾ (g-Hg/Mg)	排出低減 効率 ²⁾	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 10 ⁶ Nm ³ /yr、水銀濃度の単位は mg-Hg/Nm ³
	都市ガス	2,758	0.0005		0.00037	
	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 10 ⁶ Nm ³ /yr、水銀濃度の単位は mg /Nm ³
	都市ガス	17,461	0.0005		0.00455	
	合計					1.05

出典 1) : 日本の統計 2008(総務省統計局)の 2005 年度データをもとに算出。

2) : 貴田ら「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 17~19 年度)。水銀濃度は下表の値、排出低減効率は石油火力は石炭火力の値、産業用ボイラーは産業廃棄物焼却施設の値が用いられている。

燃料種類	水銀濃度	引用文献
原油	0.026 g-Hg/Mg	[1], [2]
重油	0.059 g-Hg/Mg	[1], [2], [3], [4]
軽油	0.014 g-Hg/Mg	[1]
灯油	0.015 g-Hg/Mg	[1], [2]
ガソリン	0.00387 g-Hg/Mg	[5]
天然ガス	0.0005 mg/Nm ³	[6]

[1] 藤井正美: 気圏における水銀, 日本公衆衛生雑誌 23(9), (1976)

[2] 内藤季和 飯豊修司: 固定発生源から排出される金属の環境への寄与(I)-市原・袖ヶ浦地域について, 千葉県公害研究所研究報告, 2(1), (1980)

[3] J. Darrly et al.; Determination of trace elements in coal, fly ash, fuel oil, and gasoline-A preliminary comparison of selected analytical techniques, Anal. Chemistry, 46(2), (1974) via [31]

[4] R. L. Cardozo: Mercury in the Environment, Chemisch weeklad, June 30, (1972) via [31]

[5] 鈴木章吾, 平井昭司: 放射化分析によるガソリン、軽油中の微量元素の含有状況, 日本化学会誌 4, (1983)

[6] 日本LPガス協会Webサイト

(注) ナフサとLPGは軽油、都市ガスは天然ガスの水銀濃度を用いた。

(2) 廃棄物焼却による排出

廃棄物焼却由来の排出量を表 1.2-3 に示す。排出量は焼却量に排出係数を乗じ、排出低減効率を考慮して算出した。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。排出係数は国内の実測結果等より設定された値を用いた。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 1.2-3 廃棄物焼却による排出

項目	焼却量(Gg/yr)	排出係数 ⁴⁾ (g-Hg/Mg)	排出低減 効率 ⁴⁾	排出量 (Mg/yr)	備考
一般廃棄物焼却	38,495 ¹⁾	0.034~0.0784	92.5%	<u>0.098~0.236</u>	
医療廃棄物焼却	1,095-1,371 ²⁾	1.00~2.35	47.9%	<u>0.57~1.68</u>	
下水汚泥焼却	1,588-1,781 ³⁾	0.312~1.60	47.9%	<u>0.258~1.48</u>	

出典 1)：日本の統計 2008(総務省統計局)の 2005 年度データを用いた。

2)：「平成 17 年度医療施設調査・病院報告の概要」の病院数・病床数をもとに算出。

3)：「下水道統計（行政編）」の 2005 年度データを用いた。

4)：貴田ら「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 17~19 年度）。排出係数及び排出低減効率の設定根拠を以下に示す。

[排出係数]

一般廃棄物焼却：国内の R D F 燃焼試験及び一般廃棄物焼却施設での実測による。

医療廃棄物焼却：国内の産業廃棄物焼却施設での実測による。

下水汚泥：国内の下水汚泥焼却施設の実測及び文献値による。

[排出低減効率]

一般廃棄物焼却：全国の一般廃棄物焼却施設の排ガス処理装置の設置割合と各排ガス処理施設の排出低減効率から設定。

その他：産業廃棄物焼却施設の値。

(3) 産業廃棄物焼却による排出

産業廃棄物焼却由来の排出量を表 1.2-4 に示す。排出量は焼却量に排出係数を乗じ、排出低減効率を考慮して算出した。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・再生利用量等をもとに算出した。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。

表 1.2-4 産業廃棄物焼却による排出

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

出典 1) : 「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・再生利用量等をもとに算出した

2) : 貴田ら「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17~19年度)。排出係数及び排出低減効率の設定根拠を以下に示す。

[排出係数]

廃プラスチック : 国内の廃プラスチック中水銀報告例及び建設廃プラスチックの実測による。

紙くず : 国内の紙くず中水銀の報告例による。

木くず : 国内の木くず中水銀の報告例による。

繊維くず : 国内の繊維くず中水銀の報告例による。

ゴムくず : 国内のゴムくず中水銀の報告例による。

その他汚泥 : 国内の汚泥(下水汚泥を除く)中水銀の報告例による。

自動車シュレッダーダスト : 国内のA S R(自動車破碎残さ)の燃焼試験及び実プラントでの実測による。

[排出低減効率]

全国の産業廃棄物焼却施設の排ガス処理装の設置割合と各排ガス処理施設の排出低減効率から設定された値。

1.3 製造部門

(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

製造に伴う排出量のうち、鉄鋼・製鉄及び石灰石・カーボンブラック製造に伴う排出量を表 1.3-1 に示す。出荷・生産量は「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 1.3-1 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 ¹⁾ (Mg/yr)	排出係数 ²⁾ (g-Hg/Mg)	排出低減 効率 ²⁾	総括排出係 数 ^{注2} (g-Hg/Mg)	排出量 (Mg/yr)	備考
鉄鋼・製鉄	112,471,000	0.056	47.9%	0.029	<u>3.26</u>	
石灰石 ^{注1}	10,470,000	0.127	20.4%	0.101	<u>1.06</u>	
カーボンブラック	805,000	—	—	0.15	<u>0.121</u>	
コークス	38,685,000	0.0439	47.9%	0.0229	<u>0.886</u>	
バッテリー	1.8	—	—	1000	<u>0.00183</u>	
電気スイッチ	1.08	—	—	4000	<u>0.0043</u>	2002年ベ ース

注1：石灰石の出荷・生産量は、消石灰＋生石灰

注2：総括排出係数＝排出係数×(100－排出低減効率)／100

出典 1)：鉄鋼・製鉄、コークス : 日本の統計 2008(総務省統計局)
 石灰石 : 石灰石鉱業協会統計資料
 カーボンブラック : 化学工業統計年報(経産省)
 バッテリー : 電池工業会統計資料
 電気スイッチ : 非鉄金属等需給動態統計調査(資源エネルギー庁)

2)：貴田ら「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 17～19 年度)。排出係数及び排出低減効率の設定根拠を以下に示す。

[排出係数]

①鉄鋼・製鉄：次表の原料の使用量と水銀含有量から排出ポテンシャルを 6.04Mg/yr とし、粗鋼生産量 108Tg/yr から生産量当たりの排出係数を 0.56mg-Hg/Mg と算出。

	使用量[Mg/yr]	出典	水銀含有 [g-Hg/Mg]量	出典	排出ポテンシャル [Mg/yr]
鉄鉱石	136,160,000	[1]	0.0303	[5]	4.13
石灰石	22,391,000	[2]	0.048	[6]	1.07
石炭	7,835,052	[3]	0.0454	[7]	0.36
石油	2,839	[4]	0.026	[8, 9]	0.000074
コークス	33,820,598	[3]	0.0142	[10]	0.48
計	-	-	-	-	6.04

出典

- [1] Steel Statistical Yearbook 2004 (2006)
- [2] 石灰石鉱業協会 統計資料 (2006)
- [3] 総務省統計局: 日本の統計 (2002)
- [4] 経済産業省 エネルギー・資源統計 (2007)
- [5] 貴田晶子ら「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19年度)
- [6] 安藤厚ら: 地質調査所 (GSJ) 発行の岩石標準試料“堆積岩シリーズ”、JLk-1、JLs-1 および JDo-1 について、地質調査月報 41(1), (1990)
- [7] 伊藤茂雄ら: 石炭火力発電所の微量物質排出実態調査, 電力中央研究所報告, 調査報告書: W02002 (2002)
- [8] 藤井正美: 気圏における水銀, 日本公衆衛生雑誌 23(9), (1976)
- [9] 内藤季和ら: 固定発生源から排出される金属の環境への寄与(I)-市原・袖ヶ浦地域について, 千葉県公害研究所研究報告, 2(1), (1980)
- [10] 内川浩ら: 原子吸光法による固体燃料中の微量水銀の定量, 分析化学, 31, (1982)

②石灰石：水銀含有量を上述の 0.048 mg-Hg/kg とし、石灰製品用への石灰石出荷量と製品(生石灰・消石灰)の製造量から、製造量当たりの排出係数を 0.127 g-Hg/Mg と算出。

③コークス：国内の報告例を基にコークス製造時に原料炭から排出される水銀量を 0.033 mg-Hg/kg-原料炭と設定し、原料炭使用量とコークス製造量から、製造量当たりの排出係数を 0.0439 g-Hg/Mg と算出。

④カーボンブラック、バッテリー、電気スイッチ：アメリカでの報告例による。

[排出低減効率]

鉄鋼・製鉄、コークス製造は産業廃棄物焼却施設の値、石灰石製造は石灰焼成炉での排ガス処理の主な目的が除じんであることから、電気集塵器を主に採用していると仮定し、電気集塵器 (ESP) での排出低減効率 20.4%が用いられている。

(2) 非鉄精錬に伴う排出

非鉄精錬由来の排出量を表 1.3-2 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 1.3-2 非鉄精錬に伴う排出

項目		生産量 ¹⁾ (Gg/yr)	総括排出係数 ²⁾ (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	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	2002年ベース
合計				3.46~4.61	

出典 1) : 非鉄金属等需給動態統計調査(資源エネルギー庁)

2) : 貴田ら「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17~19年度)。排出係数はアメリカ及びイギリスの文献による。

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。

(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。

(4) パルプ・製紙製造に伴う排出

パルプ・製紙製造由来の排出量を表1.3-3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 1.3-3 パルプ・製紙製造に伴う排出

項目	使用量/焼却量 ¹⁾ (Mg/yr)	排出係数 ²⁾ (g-Hg/Mg)	排出低減効率 ²⁾	総括排出係数 ²⁾ (g-Hg/Mg)	排出量 (Mg/yr)	備考
石炭	5,100,000	0.0454	47.9%	0.0237	0.121	
重油	348,000	0.0594	47.9%	0.0309	0.0108	
灯油	22,000	0.015	47.9%	0.0078	0.00017	
黒液	14,281,733	—	—	0.0195	0.278	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	

出典 1) : 石炭、重油、灯油 ; 日本の統計 2008 (総務省統計局)

黒液 ; ダイオキシン類の排出量の目録 (排出インベントリー) (2003、環境省)

パルプスラッジ ; 産業廃棄物排出・処理状況調査報告書 平成 14 年度実績 (2004、環境省)

2) : 貴田ら「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 17~19 年度)。排出係数は「1.2 燃焼部門」参照。排出低減効率は産業廃棄物焼却施設の値である。

(5) 蛍光管製造に伴う排出

蛍光管製造に伴う排出量を表 1.3-4 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 1.3-4 蛍光管製造に伴う排出

項目	生産数 ¹⁾ (1000 本/yr)	水銀含有量 ¹⁾ (mg/本)	水銀使用量 ¹⁾ (Mg/yr)	総括排出係数 ²⁾ (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		

出典 1) : 日本電球工業会資料

2) : 貴田ら「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 17~19 年度)。排出係数は電気スイッチの値である。

1.4 その他

(1) 火葬に伴う排出

火葬に伴う排出量を表 1.4-1 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 1.4-1 火葬に伴う排出

項目	火葬数 ¹⁾ (件/yr)	総括排出係数 ²⁾ (g-Hg/件)	排出量(Mg/yr)
火葬	1,083,796	0.0518	<u>0.056</u>

出典 1)：人口動態調査（厚生労働省）

2)：貴田ら「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 17～19 年度）。排出係数は国内の火葬場での実測による。

(2) 蛍光管回収に伴う排出

蛍光管回収に伴う排出を表 1.4-2 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 1.3-4 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に対する既存のアンケート調査によるものである。

表 1.4-2 蛍光管回収に伴う排出

項目	蛍光管使用量 ¹⁾ (Mg/yr)	リサイクル率 ²⁾ (%)	総括排出係数 ²⁾ (g-Hg/Mg)	排出量 (Mg/yr)
蛍光管回収	2.709	16	16.67～20.83	<u>$7.23 \times 10^{-6} \sim 9.03 \times 10^{-6}$</u>

出典 1)：日本電球工業会資料

2)：貴田ら「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 17～19 年度）。排出係数は蛍光管破砕機内の測定による。

(3) 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 1.4-3 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 1.4-3 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 ¹⁾ (Mg-Hg/yr)	総括排出係数 ²⁾ (g-Hg/Mg-Hg)	排出量(Mg/yr)
歯科用アマルガム	0.150	20,000	<u>0.003</u>

出典 1) : (社) 日本歯科商工協会

2) : 貴田ら「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 17~19 年度)。排出係数はアメリカの報告例による。

(4) 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 1.4-4 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 1.4-4 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				<u>0.773</u>

出典 1) : 日本の統計 2008 (総務省統計局)

2) : 貴田ら「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 17~19 年度)。排出係数は「4.1.2 燃焼部門」参照。

2002 年と 2005 年の排出量の比較を表 1.4-5 に示す。

表 1.4-5 (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 使用量	87,913	99,854	
	産業用ボイラー	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	
					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	↓	都市ガス	1,651	2,758	
					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	
一般廃棄物燃焼	0.107~0.247	0.098~0.236	↓	天然ガス	934	2,020		
				都市ガス	14,160	17,461		
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	1,560~1,750	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	1.43×10 ⁻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	
	シュレッダーダスト	0.049~0.793	0.049~0.793	—		550~750	—	

表 1.4-5(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	<u>176.5</u>
					ニッケル一次 "	70.86	29.79
					ニッケル二次 "	63.14	<u>63.14</u>
	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	<u>14,281.7</u>	
パルプスラッジ "					1,874	<u>1,874</u>	
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	<u>1.083</u>	
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
その他	蛍光灯回収・破砕	$8.13 \times 10^{-6} \sim 1.02 \times 10^{-5}$	$7.23 \times 10^{-6} \sim 9.03 \times 10^{-6}$	↓	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：斜体下線で示した数値は 2002 年統計値をそのまま用いた。

2. 我が国における水銀のマテリアルフロー調査結果

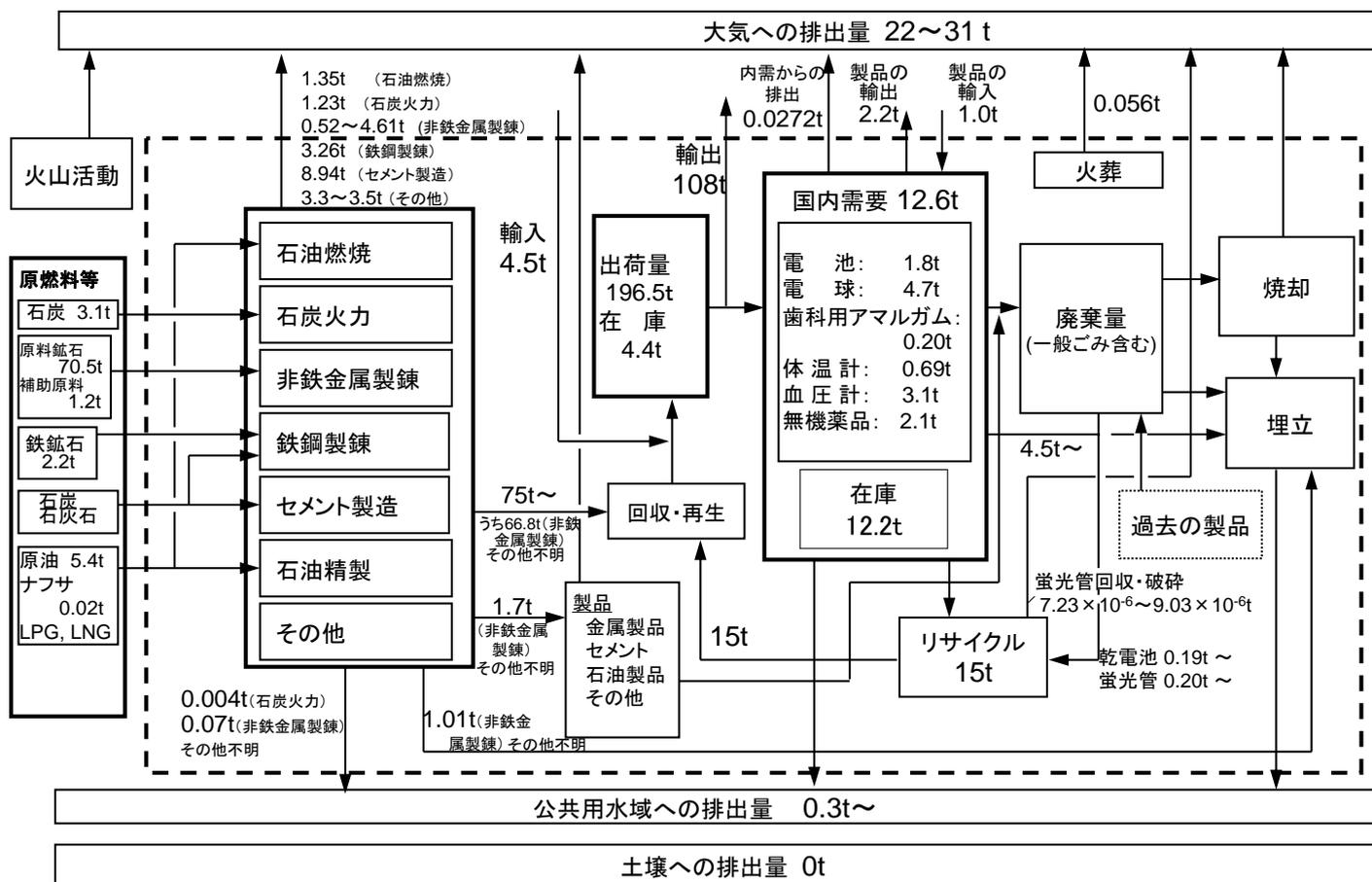
我が国における水銀に関するマテリアルフローについて昨年度よりまとめているが、今年度は対象年度を更新した上で、データ収集などの基礎調査を引き続き行っている。

現段階のマテリアルフローを示す。

2.1 マテリアルフロー

我が国における水銀のマテリアルフローを図 2.1 に示す。

環境への排出として、大気への排出量が 22~31 t、公共用水域への排出量が 0.33 t 以上、土壌への排出量が 0 t となっている。また、国内生産は 12.6 t となっている。



- 注) 1. 図中の一部の数値については、出典の異なる数値を合わせている。
2. 在庫は期末時点での在庫量を示す。

図 2.1-1 我が国の水銀に関するマテリアルフロー

【平成 19 年度調査で作成されたフローとの違いについて】

平成 19 年度調査で作成されたマテリアルフローには、2001 年～2005 年までの 5 ヶ年平均値が用いられているが、今年度調査では 2006 年データにより更新し、2002 年～2006 年までの 5 ヶ年平均値をマテリアルフローに用いた。また、水銀の大気への排出量については、平成 19 年度調査では 2002 年ベースであったが、今年度調査では「1 我が国における 2005 年ベースの大気水銀排出量の推計」に記載した 2005 年ベースの排出量を用いた。

なお、本フローでは収支が合わない箇所がいくつかある。特に、出荷量については、ある業者が別の業者へ出荷し、それを受けた業者が再出荷した量もすべて統計上はカウントされているため、ダブルカウントが生じて収支が合っていない。収支を合わせたフローを作成することは現在の統計データでは困難であり、フローを使用する際にはこの点に留意する必要がある。

2.2 マテリアルフロー使用データ

(1) 国内出荷、在庫

表 2.1 に日本国内の水銀（単体）の出荷量・在庫量の内訳を示す。本統計は、資源・エネルギー庁資源課に月報として届け出されたデータをまとめたものである。出荷量は「水銀の販売業者」が出荷した水銀量であり、在庫（期末在庫）は「販売業者」「消費者」に分けて示している。

出荷量、在庫量については年変動が大きい。

なお、国内における鉱出は、1974 年に北海道の鉱山が閉山したのを最後に行われていない。

表 2.2-1 水銀（単体）の出荷量・在庫量

(単位：kg)

種類	2002	2003	2004	2005	2006	5 ヶ年平均
出荷量	29,961	205,663	132,400	229,898	384,775	<u>196,539</u>
期末在庫（販売業者）	5,935	4,331	3,450	3,830	4,519	<u>4,413</u>
（消費者）	54,086	2,460	1,324	1,337	1,899	<u>12,221</u>

出典：非鉄金属需給統計年報（資源・エネルギー庁）

(2) 国内需要

我が国の用途別水銀需要量を表 2.2 に示す。データは各業界の統計資料などを参考にした。我が国では、水銀は電池、電球、歯科用アマルガム、水銀体温計、水銀血圧計、無機薬品としての需要があり、需要量は 5 ヶ年平均で約 12.6 t である。

表 2.2-2 我が国の用途別水銀需要量

(単位：kg)

分 類	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	5 ヶ年平均
電池 ¹⁾	2,030	1,810	1,910	1,830	1,600	<u>1,836</u>
電球（蛍光管・HID ランプ） ²⁾	4,498	4,551	4,656	4,722	5,235	<u>4,732</u>
歯科用アマルガム ³⁾	328	219	220	150	100	<u>203</u>
水銀体温計 ⁴⁾	543	1,069	792	587	479	<u>694</u>
水銀柱血圧計 ⁴⁾	4,425	3,986	3,664	1,890	1,411	<u>3,075</u>
無機薬品 ⁵⁾	3,200	1,900	1,900	1,700	1,670	<u>2,074</u>
苛性ソーダ製造	0	0	0	0	0	0
農薬	0	0	0	0	0	0
塩化ビニルモノマー製造	0	0	0	0	0	0
総計	15,024	13,535	13,142	10,879	10,495	<u>12,614</u>

出典 1)：(社)電池工業会より提供された資料に基づき作成

2)：(社)日本電球工業会より提供された資料に基づき作成

3)：2002～2004年：薬事工業生産動態統計年報（厚生労働省）、2005～6年：日本歯科商工協会資料

4)：薬事工業生産動態統計年報（厚生労働省）の生産個数データにヒアリングによる水銀含有量を乗じて概算

5)：日本無機薬品協会資料、メーカーヒアリング

以下に、国内の水銀使用の状況を業種別に記述する。

1) 電池

一次電池（使い捨ての電池）に使用されている水銀量を表 2.3 に示す。水銀量の総計は 5 ヶ年平均で 1,836kg である。

表 2.2-3 一次電池の水銀使用量

(単位：kg)

種類	2002	2003	2004	2005	2006	5ヶ年平均
マンガン乾電池	0	0	0	0	0	0
アルカリ乾電池	0	0	0	0	0	0
アルカリボタン電池	240	190	200	150	100	176
酸化銀電池	1,090	1,050	1,110	1,100	1,000	1,070
水銀ボタン電池	0	0	0	0	0	0
空気亜鉛電池	700	570	600	580	500	590
リチウム電池	0	0	0	0	0	0
総計	2,030	1,810	1,910	1,830	1,600	<u>1,836</u>

出典：(社)電池工業会より提供された資料に基づき作成

2) 電球（蛍光ランプ、HID ランプ）

電球の水銀使用量の経年変化を表 2.4 に示す。水銀量の総計は、5 ヶ年平均で 4,732kg である。

表 2.2-4 電球（蛍光ランプ、HID ランプ）の水銀使用量

種類		2002	2003	2004	2005	2006	5ヶ年平均
蛍光ランプ	一般蛍 生産量(千本)	361,926	366,810	364,810	361,211	367,352	364,422
	光ラン 水銀量(mg/本)	9.2	8.5	8	7.5	7.4	8.1
	プ 総水銀量(kg)	3,330	3,118	2,918	2,709	2,718	2,959
バック ライト	生産量(千本)	233,320	306,988	403,750	498,168	620,106	412,466
	水銀量(mg/本)	2.4	2.4	2.4	2.8	3.0	2.6
	総水銀量(kg)	562	745	985	1,386	1,849	1,105
小計	総水銀量(kg)	3,892	3,863	3,903	4,095	4,567	4,064
HID ランプ (水銀ランプ)	全生産 生産量(千本)	5,940	7,639	9,532	9,284	9,865	8,452
	数量 水銀量(mg/本)	102.0	90.0	79.0	67.5	67.7	81.2
	プ 総水銀量(kg)	606	688	753	627	668	668
総計		4,498	4,551	4,656	4,722	5,235	<u>4,732</u>

注：2005 年におけるバックライトの一本当たりの水銀量増加は、液晶 TV 用（大型）の増加による。

出典：(社)日本電球工業会より提供された資料に基づき作成

3) 歯科用アマルガム

歯科用アマルガムに使用される水銀の使用量を表 2.5 に示す。使用量の 5 ヶ年平均は 203kg である。

表 2.2-5 歯科用アマルガムの国内使用量

(単位 : kg)

細目	2002	2003	2004	2005	2006	5 ヶ年 平均
生産量	328	219	220	150	100	<u>203</u>

出典 : 2000~2004 薬事工業生産動態統計年報 (厚生労働省)

: 2005~2006 (社) 日本歯科商工協会資料

4) 水銀体温計

水銀体温計については、電子体温計への切り替えが進んでおり、国内生産量は減っている。薬事工業生産動態統計年報によると、2006 年の水銀体温計の生産量は日本国内で 638,000 本であり、まだ多く生産されている。

体温計中の水銀量は 0.5~1.0g/本とされている。今回の概算では、含有量を 0.75g/本として計算した。水銀使用量の 5 ヶ年平均は、694kg である。

表 2.2-6 水銀体温計の生産量・水銀使用量

細目 (単位)	2002	2003	2004	2005	2006	5 ヶ年平均
水銀体温計 生産量 (千個)	724	1,425	1,056	783	638	925
水銀使用量 (kg)	543	1,069	792	587	479	<u>694</u>

出典 (生産量) : 薬事工業生産動態統計年報 (厚生労働省)

5) 水銀柱血圧計

水銀柱血圧計についても、体温計同様、自動式（電子式）血圧計の生産が増えているが、水銀柱血圧計の方が正確に測れるとされており、2006年には29,640個が生産されている。血圧計中の水銀量は、3～4cc/個である（メーカー聞きとりによる）。今回の概算では、含有量を3.5cc/個（47.6g/個）として計算した。水銀使用量は5ヶ年平均で3,075kgである。

表 2.2-7 水銀柱血圧計の生産量・水銀使用量

細目	2002	2003	2004	2005	2006	5ヶ年平均
水銀柱血圧計 生産量 (個)	92,954	83,739	76,985	39,709	29,640	64,605
水銀使用量 (kg)	4,425	3,986	3,664	1,890	1,411	<u>3,075</u>

出典（生産量）：薬事工業生産動態統計年報（厚生労働省）

6) 無機薬品（銀朱、昇汞、酸化第二水銀、水銀化合物）

銀朱、昇汞、酸化第二水銀、水銀化合物について、表 2.8 に示す。

表 2.2-8 銀朱、昇汞、酸化第二水銀、水銀化合物について

物質名	化学式	用途
銀朱	硫化水銀（Ⅱ） HgS	漆器の着色、絵具、朱肉朱墨
昇汞	塩化水銀（Ⅱ） HgCl ₂	塩化ビニル（触媒）*、マンガン電池の陰極用*、医薬品（殺菌）
酸化第二水銀	酸化水銀（Ⅱ） HgO	塗料*、試薬、外用剤
水銀化合物	硫酸水銀（Ⅱ）他 HgSO ₄ 他	試薬

*現在、国内では使用されていない。

銀朱については、野村興産株式会社イトムカ鉱業所で、水銀量として年間約1600kgを生産している。また、昇汞、酸化第二水銀については、最近2ヶ年の需要量は0kgである。その他の水銀化合物については、野村興産株式会社イトムカ鉱業所で、水銀量として年間約240kgを生産している。水銀使用量の総計は、5ヶ年平均で2,074kgである。

表 2.2-9 銀朱、昇汞、酸化第二水銀、水銀化合物の需要量

(単位：kg)

	2002 年度	2003 年度	2004 年度	2005 年度	2006 年度	5ヶ年平均
銀朱	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600
昇汞	1,300	100	0	0	0	280
酸化第二水銀	0	0	0	0	0	0
水銀化合物	300	200	300	100	70	194
合計	3,200	1,900	1,900	1,700	1,670	2,074

出典：日本無機薬品協会より提供された資料に基づき作成（昇汞、酸化第二水銀）

：野村興産株式会社より提供された資料に基づき作成（銀朱、水銀化合物）

7) 国内需要量統計について

今回のマテリアルフローの需要量は、各業界からの統計資料等による需要量を積算したものをを用いた。

また、国内の用途別需要量統計として資源・エネルギー庁から報告されているものもある。表 2.10 に、過去 5 ヶ年の国内需要量を示す。5 ヶ年平均の総計は、8.5 t であり、積算した需要量約 12.7 t (表 2.2 参照) とは整合していなかった。

この統計は、水銀の消費者が記入した調査票によっている。分類の項目が少ないため、記入する際に分類が難しいことや、消費者間で水銀を売買したときにダブルカウントされるなど、実態を反映していない可能性もある。

表 2.2-10 過去 5 ヶ年の国内需要量統計

(単位：kg)

分 類	2002	2003	2004	2005	2006	5ヶ年平均
電気機器	432	1,061	1,137	1,225	1,275	1,026
計量器	1,083	1,525	1,290	626	0	905
無機薬品	10	3	0	0	0	2.6
電池材料	1,765	1,259	1,274	1,141	1,016	1,291
その他	3,669	4,427	4,157	6,509	7,713	5,295
総計	6,959	8,275	7,858	9,501	10,004	8,519

出典：非鉄金属需給統計年報（資源・エネルギー庁）

(3) リサイクル・回収の状況

石炭火力、金属製錬及びセメント製造の各プロセスから回収される水銀量や、乾電池、蛍光管等からのリサイクル量を業界へのヒアリングや統計資料よりまとめ表 2.11 に示す。

製錬副産物から約 75 t が回収されている。このうち、非鉄金属製錬からの製錬副産物は、66.8 t とされており（日本鉱業協会資料による¹⁾、それ以外のプロセス（石炭火力、鉄鋼・製鉄、セメント製造、石油精製など）からは、約 8 t と見積もられる。

電池、照明器具、計器、無機薬品、医療機器、汚泥、建設機材、吸着材など製品・廃棄物からは約 15 t の金属水銀が回収され、出荷されている。

表 2.2-11 水銀の回収・再生・リサイクル量

項目	2003年 度	2004 年度	2005年 度	2006年 度	2007年 度	5ヶ年平均
製錬副産物等からの回収量 ¹⁾						75 t ~
製品からの水銀リサイクル量 ¹⁾						15 t
乾電池からの水銀リサイクル量 ²⁾	0.28	0.26	0.17	0.13	0.10	0.19 t ~
蛍光管からの水銀リサイクル量 ²⁾	0.19	0.18	0.20	0.22	0.22	0.20 t ~

出典 1)：野村興産株式会社より提供された資料に基づき作成

2)：（社）全国都市清掃会議より提供された資料に基づき作成

注：乾電池・蛍光管リサイクル量は 2003 年度～2007 年度の 5 ヶ年平均値を使用しており、他項目と統計年が異なる。

(4) 輸出入状況

我が国の水銀（金属水銀）の過去 5 年間の輸出入量を表 2.12 に示す。輸出量の 5 ヶ年平均は 108,287kg、輸入量は 4,544kg となっている。特に輸出量は年変動が大きい。

¹ 非鉄金属精錬に関する水銀量として、回収量以外にも以下の数値が日本鉱業協会から報告されており、マテリアルフローに用いた。

プロセス	水銀量
原料鉱石中の水銀量	70.5t
補助原料（リサイクル原料）中の水銀量	1.2t
大気に排出される水銀量	0.52t
公共用水域に排出される水銀量	0.07t
製品・副産物に含まれる水銀量	1.7t
最終処分場に移行する水銀量	1.01t
製造過程中回収される水銀量	66.8t

表 2.2-12 我が国の水銀輸出入量

(単位 : kg)

	2002	2003	2004	2005	2006	5ヶ年平均
輸出量	5,773	125,872	53,825	107,031	248,935	<u>108,287</u>
輸入量	6,902	5,459	3,454	3,453	3,453	<u>4,544</u>

出典 : 日本貿易統計年表

1) 原料・燃料に含まれて輸入される水銀量 (概算)

我が国に輸入される原料・燃料について、輸入量に水銀含有量 (文献値) を乗じて、我が国に入ってくる総量を計算した。表 2.13 に示す。また、このほかに、非鉄金属製錬の原料鉱石として 2006 年度ベースで約 70.5t (日本鉱業協会資料による) が我が国に入ってきている。

なお、石炭火力発電に使用される輸入石炭量については、2002、2003 年データしか判明しなかったため、2ヶ年平均で算出した。

表 2.2-13 原料・燃料に含まれて輸入される水銀量

(単位 : kg)

分類	水銀含有量 (mg/kg)	2002	2003	2004	2005	2006	5ヶ年平均
鉄鉱石	0.0167 ¹⁾	2,159	2,206	2,286	2,209	2,243	<u>2,221</u>
石炭 (石炭 火力使用)	0.0454 ²⁾	3,010	3,265	—	—	—	<u>3,138</u>
原油	0.026 ³⁾	5,189	5,480	5,389	5,469	5,426	<u>5,391</u>
ナフサ	0.001 ⁴⁾	20.4	20.9	20.1	19.4	18.9	<u>19.9</u>

出典

- 1) : Weiss *et al* Ermittlung und Verminderung der Emissionen von Dioxinen und Furanen aus Thermischen Prozessen. Forschungsbericht 104 03 365/17. Umweltsbundesamt (UBA) (1966)
- 2) : 出典 伊藤茂男、横山隆壽、朝倉一雄, 石炭火力発電所の微量物質排出実態調査, 電力中央研究所報告, (2002)
- 3) : 藤井正美 気圏における水銀, 日本公衆衛生雑誌, 23 (9), (1976) 内藤季和、飯豊修司 固定発生源から排出される金属の環境への寄与 (I) - 市原・袖ヶ浦地域について 千葉県公害研究所研究報告
- 4) : OPEN SPEC NAPHTHA 上限値

2) 製品に含まれて輸出される水銀量 (概算)

電池 (酸化銀電池)、電球 (蛍光灯、HID ランプ)、水銀柱血圧計、水銀体温計について、製品に含まれて輸出される水銀量を統計値などにより概算した。表 2.14 に示す。製品に含まれて輸出される水銀量は、約 2.2t/年と推計される。

表 2.2-14 製品に含まれて輸出される水銀量

(単位 : kg)

分類	2002	2003	2004	2005	2006	5ヶ年平均
電池 ¹⁾	478	420	500	539	500	487
蛍光管・HID ランプ ²⁾	485	442	566	498	560	510
水銀体温計 ³⁾	82	151	67	43	41	77
水銀柱血圧計 ³⁾	1,374	1,520	1,182	859	861	1,159
総計	2,419	2,533	2,315	1,939	1,962	2,233

出典

1) : (社) 電池工業会より提供された電池輸出量に基づき概算

2) : (社) 日本電球工業会より提供された蛍光管・HID ランプ輸出量に基づき概算

3) : 薬事工業生産動態統計年報 (厚生労働省) の生産個数にヒアリングによる水銀含有量を乗じて概算

3) 製品に含まれて輸入される水銀量 (概算)

電球 (蛍光ランプ、HID ランプ)、水銀柱血圧計、水銀体温計について、製品に含まれ輸入される水銀量を概算した。

輸入品中の水銀量のデータは無いが、水銀体温計、水銀柱血圧計については、国産の物と形状が同一なため、含有量もほぼ同じであると見なされる。また、蛍光管・HID ランプについては、国内で生産されたものよりも含有量が多いことが考えられるが、ここでは国内生産されたものと同程度の水銀含有量であると仮定して計算した結果を表 2.15 に示す。製品に含まれ輸入される水銀量は、1.0t/年と推計される。

なお、このほか、ボタン電池などに含まれて輸入される水銀がある。

表 2.2-15 製品に含まれ輸入される水銀量

(単位 : kg)

分類	2002	2003	2004	2005	2006	5ヶ年平均
蛍光管・HID ランプ ¹⁾	338	359	439	509	598	449
水銀体温計 ²⁾	57	50	75	40	56	56
水銀柱血圧計 ²⁾	524	498	610	473	531	527
総計	919	907	1,124	1,022	1,185	1,031

出典 1) : (社) 日本電球工業会より提供された蛍光管・HID ランプ輸入量に基づき概算

2) : 薬事工業生産動態統計年報 (厚生労働省) の生産個数にヒアリングによる水銀含有量を乗じて概算

(5) 環境への排出状況

1) PRTR

PRTR（化学物質排出移動量届出制度）により公表された、大気、公共用水域及び土壌への水銀排出量を、表 2.16（届出による排出量）、表 2.17（石炭火力発電所からの推計排出量）に示す。

大気の排出量については過小評価されている可能性があるため、マテリアルフロー作成にあたっては、別資料やヒアリングによるデータを用いた。

なお、PRTR 制度においては、測定データについて検出下限以上かつ定量下限未満の場合は、定量下限値の 1/2 とみなすこととされているため、特に低含有率物質の PRTR 届出データについて不確実性が生じている可能性がある。

表 2.2-16 PRTR による水銀の排出量

(単位：kg)

		2002	2003	2004	2005	2006	5ヶ年平均
		年度	年度	年度	年度	年度	均
排出量	大気	98	14	21	32	21	37
	公共用水域	302	344	414	298	305	<u>333</u>
	土壌	0	0	0	0	0	<u>0</u>
	埋立て	3,838	14,042	2,472	1,442	909	<u>4,541</u>
合計		4,238	14,400	2,907	1,772	1,235	4,910

出典：環境省 PRTR 結果

表 2.17 石炭火力発電所からの排出量

(単位：kg)

項目		2002	2003	2004	2005	2006	5ヶ年平均
		年度	年度	年度	年度	年度	平均
石炭火力発電所からの排ガス及び排水による排出（製品の使用に伴う低含有率物質）	大気	814.2	890.0	934.6	981.6	1045.2	933.1
	公共用水域	3.7	4.0	4.2	4.4	4.8	<u>4.2</u>
	合計	817.9	894.0	938.8	986.0	1050.0	937.3

出典：環境省 PRTR 結果

2) 日本における水銀の排出インベントリ

PRTR で届出対象外の事業所等からの排出量も考慮して、貴田ら(2007)の研究報告書¹⁾および関係業界の提供データに基づき、日本全体(2005年)の水銀大気排出量は 22~31 t と推定している。昨年度までは2002年ベースのインベントリに因っていたが今回より2005年ベースの排出量として新たに算出した。

2005年データでは燃料消費量や製造量が増加している項目が多く、それに伴い排出量も若干増加している。排出インベントリを表2.18に示す。燃焼部門では石炭火力発電、産業用石油燃焼ボイラー、医療廃棄物、下水汚泥、その他の産業廃棄物焼却の寄与が大きく、また、製造部門では製鉄、非鉄金属製錬、セメント製造の割合が高いと考えられる。なお、排出実態については、主な関係業界において検討が行われているところである。

¹⁾ 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

表 2.2-17 日本の水銀排出インベントリ

(t/年)

部門	項目	大気への排出量	
燃焼部門	石炭燃焼	火力発電	1.229
		産業用ボイラー	0.569
	石油燃焼	火力発電	0.299
		産業用ボイラー	1.05
	一般廃棄物燃焼		0.098~0.236
	医療廃棄物燃焼		0.57~1.68
	下水汚泥焼却・溶融		0.258~1.48
	産業廃棄物燃焼	廃プラスチック類	0.017~0.657
		紙くず	0.0055
		木くず	0.013~0.116
		繊維くず	0.0033~0.011
		ゴムくず	0.000021~0.0019
		その他汚泥	0.661
		シュレッダーダスト	0.049~0.793
製造部門	鉄鋼・製鉄	3.26	
	非鉄金属製錬	0.52 ^{*1} ~4.61	
	セメント製造	8.94 ^{*2}	
	石灰石製造	1.06	
	カーボンブラック製造	0.121	
	コーク製造	0.886	
	パルプ・製紙	0.427~0.652	
	塩素アルカリ工業	0	
	バッテリー製造	0.00183	
	電気スイッチ製造	0.00433	
	蛍光灯製造	0.018	
	その他の製造業	—	
	その他	火葬	0.056
蛍光灯回収・破砕		$7.23 \times 10^{-6} \sim 9.03 \times 10^{-6}$	
歯科(アマルガム)		0.003	
埋立地ガス		—	
運輸(燃料由来)		0.773	
自然由来	火山	>1.4	
	山火事	—	
二次的な放出	農業	—	
他地域からの流入		—	
計		22.292~30.574	

出典：

*1) 日本鉱業協会 2006 年度データに基づく亜鉛、鉛、銅製錬所からの排出量

*2) (社) 日本セメント協会 2006 年データに基づく

それ以外の排出量は、貴田晶子、平井康宏、酒井伸一、守富寛、高岡昌輝、安田憲二らによる「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」の手法を用いて、2005 年ベースのインベントリとして再計算したものである。

マテリアルフローに使用するため、いくつかの項目の数値を抽出・合算した。

・石油燃焼、石炭火力、鉄鋼・製鉄、非鉄金属製錬、セメント製造から大気への水銀排出量

前述の排出インベントリより、各項目を抽出・合算して、石油燃焼、石炭火力、金属製錬及びセメント製造の各プロセスから大気に排出される水銀量をまとめた。表 2.19 ~2.24 に示す。

表 2.2-18 石炭火力発電に伴う大気への水銀排出量

部門	項目	大気への水銀排出量 (t/年)
燃焼部門	石炭燃焼 火力発電	1.229
計		<u>1.229</u>

表 2.2-19 石油燃焼に伴う大気への水銀排出量

部門	項目	大気への水銀排出量 (t/年)
燃焼部門	石油燃焼 火力発電	0.299
	産業用ボイラー	1.05
計		<u>1.349</u>

表 2.2-20 鉄鋼・製鉄に伴う大気への水銀排出量

部門	項目	大気への水銀排出量 (t/年)
製造部門	鉄鋼・製鉄	3.26
計		<u>3.26</u>

表 2.2-21 非鉄金属製錬に伴う大気への水銀排出量

部門	項目	大気への水銀排出量 (t/年)
製造部門	非鉄金属	0.52-4.61
計		<u>0.52-4.61</u>

表 2.2-22 セメント製造に伴う大気への水銀排出量

部門	項目	大気への水銀排出量 (t/年)
製造部門	セメント製造	8.94
計		<u>8.94</u>

表 2.2-23 その他製造・輸送に伴う大気への水銀排出量

部門	項目	大気への水銀排出量 (t/年)
製造部門	石灰石製造	1.06
	カーボンブラック製造	0.121
	コークス製造	0.886
	パルプ・製紙	0.427~0.648
その他	運輸（燃料由来）	0.773
計		<u>3.3~3.5</u>

・廃棄物焼却による大気排出

項目のうち、廃棄物焼却について以下の項目を合算した。表 2.25 に示す。廃棄物焼却に伴う水銀排出量は 1.7~5.6 t であった。

表 2.2-24 廃棄物焼却に伴う大気への水銀排出量

部門	項目	大気への水銀排出量 (t/年)	
燃焼部門	一般廃棄物燃焼	0.098-0.236	
	医療廃棄物燃焼	0.57-1.68	
	下水汚泥焼却・溶融	0.258-1.48	
	産業廃棄物燃焼	廃プラスチック類	0.017-0.657
		紙くず	0.0055
		木くず	0.013-0.116
		繊維くず	0.0033-0.011
		ゴムくず	0.000021~0.0019
		その他汚泥	0.661
		シュレッダーダスト	0.049-0.793
合計		<u>1.7-5.6</u>	

・内需からの大気排出

内需からの排出を抽出・合算したものを表 2.26 に示す。内需からの水銀排出量は 0.0272 t であった。

表 2.2-25 内需からの水銀排出量

部門	項目	大気への水銀排出量 (t/年)
製造部門	バッテリー製造	0.00183
	電気スイッチ	0.00433
	蛍光灯製造	0.018
	歯科 (アマルガム)	0.003
計		<u>0.0272</u>

・その他

その他、分類が難しいものの大気排出量を表 2.27 に示す。

表 2.2-26 その他の水銀排出量

部門	項目	大気への水銀排出量 (t/年)
その他	火葬	<u>0.056</u>
	蛍光管回収・破砕	$7.23 \times 10^{-6} - 9.03 \times 10^{-6}$

・自然由来

自然由来の水銀の大気排出量については、 $>1.4t^2$ と見積もられている。

² Nakagawa, R. (1987) Mercury sources in environmental atmosphere. *Anzen-Kogaku*; 26: 70-78.