

水銀に関するマテリアルフロー（2010年度ベース）の検討結果

1．経緯・趣旨

環境省では平成 19 年度から生産活動における水銀利用、大気、水、土壌といった環境への排出など、我が国における水銀の流れを把握するため、水銀に関するマテリアルフローを作成しており、これまで水銀条約条文案の検討・議論を行う上での基礎情報として活用してきた。

今般、2005 年ベースのマテリアルフローを作成した際の考え方を基本に、算出・推計方法の精緻化を図り、最新のデータを用いて更新作業を行った上で、2010 年度ベースの水銀に関するマテリアルフローを作成した。

「水銀に関する水俣条約」においては、水銀及び水銀化合物の人為的な排出及び放出から人の健康と環境を保護するため、各国に対し、水銀の供給及び国際貿易、製品や製造プロセスにおける水銀の使用、大気への排出及び水・土壌への放出といった様々な段階での水銀の削減、水銀廃棄物の環境上適正な管理等の対策を行うことが求められている。

本マテリアルフローについては、今後、「水銀に関する水俣条約」において求められる国内対策のあり方を議論していく上で、関係者の中で基礎情報として活用されることが期待される。また、本マテリアルフローの作成の過程により得られた知見・経験は、他国における水銀マテリアルフローの作成にも参考になると考えられることから、それらを活用した支援を検討していく。

2．結果概要

我が国の水銀マテリアルフローの主な流れとしては、(1) 原燃料等に含まれて国内利用等に供される量が 85 トン（輸入原燃料中に含まれる水銀：73 トン、国内で生産される原燃料中に含まれる水銀：6.5 トン、海外から輸入される製品等に含まれる水銀：5 トン）、(2) 輸出等により国外へ移動する量が 75 トン、(3) 環境への排出 18～23 トン（大気への排出量 17～22 トン、公共用水域への放出量が 0.3 トン、土壌への放出量が 0.45 トン）、(4) 最終処分量が 11～24 トンであった。本マテリアルフローの見かけ上、(2) 国外への移動量（75 トン）(3) 環境中への排出量（18～23 トン）及び(4) 最終処分量（11～24 トン）の合計（104～122 トン）が(1) 国内利用等に供される量（85 トン）より 19～37 トン多いが、これについては、何らかの形で保有されていた水銀が回収されて輸出されたか、環境へ排出されたか、あるいは最終処分されたのではないかと考えられる。

引き続き、新たに得られる情報に基づき、必要に応じてマテリアルフローの算出・推計方法の見直し、更なる精度の向上を行っていく。

3．水銀マテリアルフローの取扱い上の留意点

水銀マテリアルフローの限界

- 1) 本マテリアルフローについては、現時点で入手可能な統計情報、文献、事業者等へのアンケート・ヒアリング調査等に基づき算出・推計した数値を用いて作成しており、全ての使用量、排出・移動量等を網羅したものとはなっていない。2010 年度の数値が入手できる場合はこれを用い、入手できない場合は、2010 年度に最も近くかつ最新の時点の情報を用いるとともに、その時点を明記した。

- 2) 家庭や事業所等で保有されている水銀含有製品の量等は、市中保有やその他の保有量としてフロー上明記しているが、定量的な数値を把握することは困難であるため、その値は示していない。

数値の記載方法

- 1) 数値は全て水銀単体の換算値である。有効数字は2桁で、いずれも四捨五入により端数処理を行っている。単位は全て「トン」としている。
- 2) 括弧内の数値は、事業者等へのアンケート・ヒアリング調査により把握された数値のみを加算した値であり、国内における一定の移動量を捉えていると考えられるが、全ての移動量を示すものではない。

4. 水銀に関するマテリアルフローの各項目に関する留意点

水銀回収量

一般廃棄物、産業廃棄物、廃水銀等から回収される水銀量については、中間処理事業者に対するアンケート調査に基づき計上しているものである。したがって、本マテリアルフローに使用している数値は最小値として取り扱うのが適当であるが、水銀回収を実施している主要な事業所より回答が得られていると考えており、我が国の廃棄物からの水銀回収量の大部分をカバーしていると考えられる。

水銀含有製品の市中保有量

水銀含有製品の教育・医療・行政機関等における保有量については、熊本県の水銀含有製品使用実態等調査の結果をもとに全国推計を行っている。都道府県によって保有状況が異なる可能性があるため、数字の取り扱いに注意が必要である。

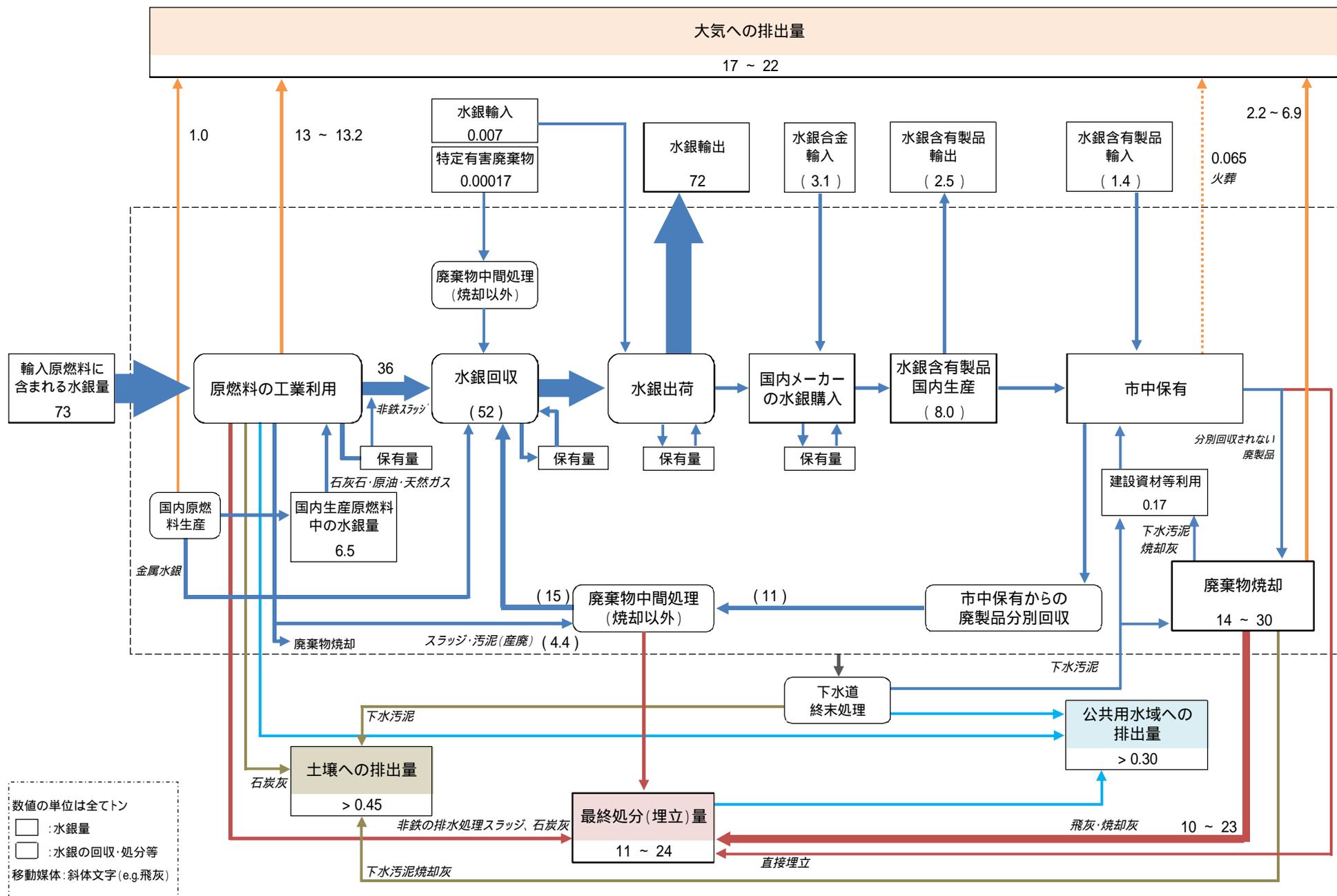
また、一般家庭における水銀含有製品（ランプ類、電池類、水銀体温計・血圧計等）の保有量については、現時点では把握されていない。

国内の水銀出荷量

資源エネルギー庁の非鉄金属需給等統計上の水銀出荷量は販売業者の出荷量を計上した数値であり、仲介業者を経由した水銀量が重複計上されている可能性があるため、マテリアルフローでは参考値として取り扱っている。

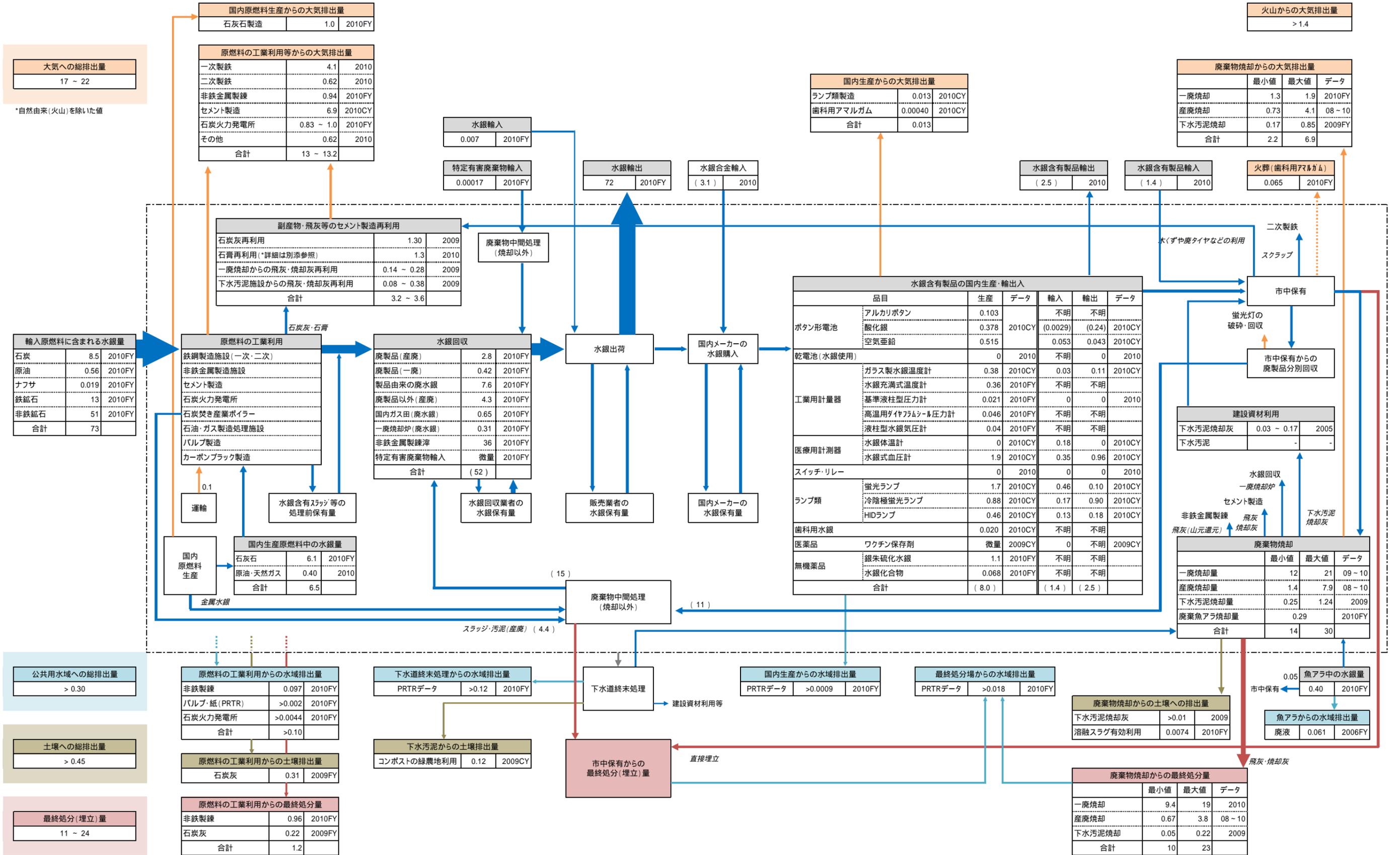
大気排出量

我が国の水銀大気排出インベントリーでは既に水銀条約の規制対象となる発生源を網羅しており、大気排出の大部分をカバーしていると考えられるが、水銀のリサイクル施設、廃棄物の中間処理施設（焼却処理施設以外）、最終処分場、石油・ガス生産施設等といった水銀大気排出に蓋然性のある発生源からの排出量は未推計となっている。



数値の単位は全てトン
 □ : 水銀量
 □ : 水銀の回収・処分等
 移動媒体: 斜体文字 (e.g. 飛灰)

我が国の水銀に関するマテリアルフロー(2010年度ベース) 概要版、平成25年3月作成



我が国の水銀に関するマテリアルフロー(2010年度ベース) 詳細版、平成25年3月作成

注) 本マテリアルフローについては、現時点で入手可能な統計情報、文献、事業者等へのアンケート・ヒアリング調査等に基づき算出・推計した数値を用いて作成しており、全ての使用量、排出・移動量等を網羅したものではない。家庭や事業所等で保有されている水銀含有製品の量等は、市中保有やその他の保有量としてフロー上明記しているが、定量的な数値を把握することは困難であるため、その値は示していない。

マテリアルフローの各項目の数値の算出方法

1. 原燃料に含まれる水銀量

(1) 輸入原燃料に含まれる水銀量

我が国に輸入される原燃料に含まれる水銀量について、2010年度の輸入量に水銀含有量を乗じて、各項目の数値を推計した。

表1-1：輸入原燃料に含まれる水銀量

項目		原燃料輸入量		データ	水銀含有量	水銀量 (t-Hg)
		輸入量	単位			
石炭	無煙炭	618	万 t/年	2010FY	0.0454 (g/t)	8.5
	瀝青炭	16,600				
	その他石炭	1,480				
	練炭・豆炭等	2.67				
	亜炭	1.94				
	泥炭	12.5				
	コークス等	89.5				
原油	原油 (精製用)	214	GL/年	2010FY	2.6 (mg/kL)	0.56
ナフサ		1,880	万 t/年	2010FY	0.001 (g/t)	0.019
鉄鉱石 (精鉱を含む)	鉄鉱 (凝結させていないもの)	12,300	万 t/年	2010FY	0.0986 (g/t)	13
	鉄鉱(凝結させたもの)	1,060				
	焼いた硫化鉄鉱	0.0018				
非鉄金属鉱石 (精鉱を含む)	銅・鉛・亜鉛精鉱 + 金 鉱石	587	万 t/年	2010FY	-	51
計						73

輸入量の出典	原油・非鉄金属鉱石以外：貿易統計（財務省） 原油：資源・エネルギー統計年報（資源エネルギー庁） 非鉄金属鉱石：日本鉱業協会へのヒアリング結果（年間投入量）。貿易統計（財務省）では非鉄金属鉱石の輸入量は655万トンとなっているが、約70万トンの差分については、2010年度に利用されなかった保有分と考えられる。
水銀含有量の出典	石炭：86炭種・181データの算術平均値（2002年電力中央研究所報告書） 石油：輸入原油種別データの国別加重平均値（2009年～2010年石油連盟会員企業測定） ナフサ：OPEN SPEC NAPHTHA 上限値 鉄鉱石：国内使用高炉用塊鉄鉱石の算術平均値（2010年国環研報告書 ¹ ）

¹ (独)国立環境研究所(2010)：平成21年度環境省請負業務 平成21年度水銀等の残留性物質の長距離移動特性の検討に

(2) 国内生産される原燃料に含まれる水銀量

国内で生産される原燃料（石灰石、原油、天然ガス）に含まれる水銀量について、2010年度の生産量に水銀含有量を乗じて、各項目の数値を推計した。

表1-2：国内生産される原燃料に含まれる水銀量

項目	原燃料生産量		データ	水銀含有量	水銀量 (t-Hg)
	生産量	単位			
石灰石	12,800	万 t/年	2010FY	0.048 (g/t)	6.1
原油	870	ML/年	2010FY	-	約 0.4*
天然ガス	3,400	Mm ³ N/年	2010FY	-	
計					6.5

*国内生産される原油及び天然ガス中の平均水銀濃度は不明であるが、1事業者からのヒアリング結果を参考にして、原油及び天然ガスの生産活動に伴い算出される水銀量を全国で約0.4tとした。

生産量の出典	資源・エネルギー統計年報（資源エネルギー庁）
水銀含有量の出典	石灰石：1990年の国内文献値 ²

関する調査・研究業務

² 安藤厚、岡井貴司、井内美郎、五十嵐俊雄、須藤定久、丸茂克美、伊藤司郎、寺島滋：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)、7-48(1990)

2. 水銀、水銀合金、水銀化合物の輸出入量

(1) 水銀の輸出入量

財務省の貿易統計によると、2010年度の水銀の輸出入量は以下のとおりである。

表2-1：水銀の輸出入量

水銀	量 (t/年)	期間	備考
輸出量	72	2010FY	出典：財務省 貿易統計 (HSコード：2805.40-000)
輸入量	0.007	2010FY	

(2) 水銀合金及び水銀化合物の輸出入量

貿易統計及び日本電球工業会へのヒアリング調査によると、水銀合金及び水銀化合物の2010年度の輸出入量及び輸出入量に含まれる水銀量は以下のとおりである。

表2-2：水銀合金及び水銀化合物の輸出入量

項目	輸出量 (t)	輸出量中の 水銀量 (t-Hg)	輸入量 (t)	輸入量中の 水銀量 (t-Hg)	備考
水銀合金	不明		不明	3.1	出典：ヒアリング調査 (蛍光ランプ類への封入用)
水銀化合物	3.26	不明	0.303	不明	出典：財務省 貿易統計 (HSコード：2852.00)

水銀合金及び水銀化合物の輸出入量に関する留意点

水銀合金については、蛍光ランプ類の製造時に製品に封入する目的で輸入される合金に含まれる水銀量のみが把握されている(日本電球工業会へのヒアリング調査により把握)。

水銀化合物については、輸出入される水銀化合物の内訳が不明であり、水銀量が把握されていないため、マテリアルフローには含めていない。

3. 特定有害廃棄物の輸入量に含まれる水銀量

環境省の廃棄物リサイクル対策特定有害廃棄物等の輸出入関連調査におけるバーゼル法の施行状況に関するデータ³の中で、日本に輸入される特定有害廃棄物のうち、Y 番号が 29（分類：水銀および水銀化合物）のもの（廃蛍光管、廃ランプ、廃電池）について、平成 22 年度の輸入量及びそれらに含まれる水銀量を推計する。

(1) 廃蛍光管の輸入量に含まれる水銀量

2007 年度から 2011 年度までの廃蛍光管の輸入量は以下のとおりである。

表 3 - 1：海外からの廃蛍光管輸入量

年度	相手国	輸入品目	移動書類交付重量 (トン)	輸入量合計 (トン)
2011			0	0
2010	フィリピン	廃蛍光管 廃高圧放電ランプ	6	6
2009	フィリピン	廃蛍光管	10	10
2008	フィリピン	廃蛍光管	12	12
	タイ	廃蛍光管	0.005	
2007	フィリピン	廃蛍光管	9	9

*輸入量のばらつきがあるため、推計には 2010 年度とその前後の年度の輸入量の平均値を使用する。

2010 年度の廃蛍光管輸入量： $(0+6+10) / 3 = 5.3$ トン

また、蛍光管の平均製品重量は 220g/本、蛍光管 1 本あたりの水銀含有量は 0.0069 g-Hg である⁴。

輸入廃蛍光管に含まれる水銀量： $5.3 \text{ トン} \times 0.0069 / 220 = 0.00017 \text{ t-Hg}$

(2) 廃ランプ、水銀含有廃電池の輸入量に含まれる水銀量

2007 年度から 2011 年度まで、廃ランプ及び水銀含有廃電池は輸入されていない。

(3) 特定有害廃棄物の輸入量に含まれる水銀量

特定有害廃棄物の輸入に伴い日本に流入する水銀量は、以下のとおりである。

表 3 - 2：特定有害廃棄物の輸入に伴い日本に流入する水銀量

品目	輸入量 (t)	製品あたりの水銀量	流入水銀量 (t)
廃蛍光管	5.3	0.0069 g-Hg/本	0.00017

なお、海外製造品の水銀含有量が把握されていないため、推計には国内製品の情報を使用しており、今後海外製造品の水銀含有量が把握できた場合、再推計を行う必要がある。

³ 「特定有害廃棄物等の輸出入等の規制に関する法律の施行状況（平成 22 年度）について」（環境省 2011 年 5 月 31 日報道発表資料）<http://www.env.go.jp/recycle/yugai/index3.html>

⁴ 経済産業省委託調査「平成 23 年度環境対応技術開発等（水銀等重金属及び添加製品等の需給・ライフサイクル等状況調査）」（平成 24 年 3 月神鋼リサーチ株式会社）

4. 水銀含有製品の国内生産に使用される水銀量及び水銀含有製品の輸出入量に含まれる水銀量

各種統計情報や業界団体、水銀含有製品を製造している個別企業へのヒアリング調査結果をもとに、水銀含有製品の国内生産に使用される水銀量及び水銀含有製品の輸出入量に含まれる水銀量を推計した結果は下記のとおりである。

表4 - 1 : 水銀含有製品の国内生産に使用される水銀量及び輸出入量に含まれる水銀量

品目		国内生産 (t-Hg)	期間	輸入 (t-Hg)	輸出 (t-Hg)	期間
ボタン電池	アルカリボタン	0.103	2010CY	不明	不明	2010
	酸化銀	0.378		0.0029	0.24	2010CY
	空気亜鉛	0.515		0.053	0.043	2010CY
乾電池(水銀使用)		0	2010	不明	0	2010
工業用計量器	ガラス製水銀温度計	0.38	2010CY	0.03	0.11	2010CY
	水銀充満式温度計	0.36	2010FY	不明	不明	2010
	基準液柱型圧力計	0.021	2010FY	0	0	
	高温用ダイヤフラムシール圧力計	0.046	2010FY	不明	不明	
		液柱型水銀気圧計	0.04	2010FY	今後確認	今後確認
医療用計測器	水銀体温計	0	2010CY	0.18	0	2010CY
	水銀血圧計	1.9	2010CY	0.35	0.96	2010CY
電気スイッチ・リレー		0	2010	0	0	2010
ランプ類	蛍光ランプ	1.7	2010CY	0.46	0.10	2010CY
	冷陰極蛍光ランプ(バックライト)	0.88	2010CY	0.17	0.90	2010CY
	HIDランプ	0.46	2010CY	0.13	0.18	2010CY
歯科用水銀		0.020	2010CY	不明	不明	
医薬品	ワクチン保存剤	微量	2009CY	0	不明	2009CY
無機薬品	銀朱硫化水銀	1.1	2010FY	不明	不明	
	水銀化合物	0.068	2010FY	不明	不明	
合計		8.0		1.4	2.5	

(1) ボタン電池類(アルカリボタン電池、酸化銀電池、空気亜鉛電池)

水銀を含むボタン電池類の国内生産量に含まれる水銀量

水銀を含むボタン電池類の国内生産量に含まれる水銀量については、電池工業会へのヒアリング調査により、表4 - 1の数値が把握された。

水銀を含むボタン電池類の輸出入量に含まれる水銀量

また、ボタン電池類の輸出入量に含まれる水銀量については、財務省の貿易統計及び電池工業会へのヒアリング調査によって、表4 - 2の情報把握されている。

表 4 - 2 : ボタン電池類の輸出入量に含まれる水銀量

品目	輸入量 (千個)	輸入量中 の水銀量 (t-Hg)	輸出量 (千個)	輸出量中 の水銀量 (t-Hg)	平均水銀含有量 ⁵ (wt%) 製品の平均重量 ⁶ (g)
アルカリ ボタン電池	不明	不明	不明	不明	平均水銀含有量：0.2 (wt%) 製品平均重量：1.6g
酸化銀電池	5,760	0.0029	485,000	0.24	平均水銀含有量：0.1 (wt%) 製品平均重量：0.5g
空気亜鉛電池	22,000	0.053	18,000	0.043	平均水銀含有量：0.3 (wt%) 製品平均重量：0.8g
合計		0.056		0.28	

ボタン電池類の輸出入量に関する留意点

- ・ アルカリボタン電池の輸出入数量については、財務省貿易統計の「アルカリマンガン電池」の数量には水銀含有ボタン電池以外の乾電池数量が含まれているため、ボタン電池のみの数量は把握できていない。このため、本推計ではアルカリボタン電池を対象から除外し、マテリアルフローには含めていない。
- ・ 海外から輸入される安価な玩具や時計などの製品に組み込まれて輸入されるボタン電池類に含まれる水銀量が存在すると考えられるが、現時点では定量的な値を把握するのが困難なため、マテリアルフローには含めていない。
- ・ 酸化銀電池の大半は時計のムーブメントに使用される。財務省貿易統計の輸出数量には、時計のムーブメントに組み込まれた状態で海外へ輸出される量が反映されていないため、実際に海外に輸出されている酸化銀電池の数量は統計値よりも多いと考えられる。このため、本推計によって算出された酸化銀電池の輸出量に含まれる水銀量については、最小の値として取り扱うこととする。輸入数量についても、組み込み製品として国内に持ち込まれる酸化銀電池の量が存在すると考えられるが、定量的な値を把握するのが困難であるため、マテリアルフローには含めていない。
- ・ 空気亜鉛電池の大半は補聴器に使用される。開封した時点から電池容量の低下が進むという性質上、製品に組み込まれた状態での輸出入は行われていないと考えられる。また、市場国での調達が通常行われているため、製品に同梱された状態での輸出入も行われていないと考えられる。

(2) 水銀を含む乾電池類

国内で生産される乾電池類については完全に無水銀化されているため、乾電池類の国内生産及び輸出量に含まれる水銀量はゼロとしている。水銀を含む乾電池類の輸入量については、現時点でデータがないため、不明としている。また、製品に組み込まれて輸出入される乾電池（組み込み製品）に含まれる水銀量が存在すると考えられるが、現時点では定量的な値を把握するのが困難なため、マテリアルフローの対象としていない。

⁵ 経済産業省委託調査「平成 23 年度環境対応技術開発等（水銀等重金属及び添加製品等の需給・ライフサイクル等状況調査）」（平成 24 年 3 月神鋼リサーチ株式会社）

⁶ アルカリボタン電池及び空気亜鉛電池については、パナソニック HP に記載されている現在発売されている商品一覧の平均値（アルカリボタン：6 製品、酸化銀：28 製品）。酸化銀電池については、ヒアリング調査結果に基づく。

(3) 工業用計量器類（工業用温度計・圧力計・気圧計）

工業用計量器類の国内生産量に含まれる水銀量及び輸出入量に含まれる水銀量については、文献情報⁷及び日本圧力計温度計工業会、日本硝子計量器工業協同組合へのヒアリング調査によって、以下の数値が把握されている。

表4-3：工業用計量器類の国内生産量・輸出入量に含まれる水銀量

品目	生産量 (個)	生産量中 の水銀量 (t-Hg)	輸入量 (個)	輸入量中 の水銀量 (t-Hg)	輸出量 (個)	輸出量中 の水銀量 (t-Hg)	水銀 使用量 (g/個)
ガラス製水銀温度計	103,870	0.38	7,606	0.03	26,414	0.11	3.7
水銀充満式温度計*	3,584	0.36	不明		不明		100
基準液柱型圧力計	14	0.021	0	0	0	0	1,500
高温用ダイヤフラムシール圧力計**	1,156	0.046	不明		不明		40
液柱型水銀気圧計	20	0.040	不明		不明		2,000
合計		0.85		0.03		0.11	

*水銀充満式温度計の生産量の内訳は、温度計 631 台、温度エレメント 2,953 台である。

**高温用ダイヤフラムシール圧力計の生産量の内訳は、圧力計 894 台、圧カトランスミッタ 262 台である。

工業用計量器類の輸出入量に関する留意点

- ・ガラス製水銀温度計については、日本硝子計量器工業協同組合に所属していない企業の取扱量は上記推計値に含まれていない。特に輸入量に関して、精度の低い安価な製品の輸入量が存在すると考えられるが、定量的な値を把握するのが困難なため、マテリアルフローの対象としていない。
- ・水銀充満式温度計は、主に船舶用のディーゼルエンジン（600～650度の排気温度の計測に使用される）、陸上用のディーゼルエンジン（船舶用と同様の用途）に使用されている。こうした大きな装置に組み込まれて輸出入される量は存在するが、数量等の詳細が把握できていないため、輸出入量は「不明」とした。なお、補修用以外単品での輸出入はされていないと考えられる。
- ・基準液柱型圧力計については、計量法の基準器検査規則に則り、圧力計メーカー、石油化学プラント、電力プラントにおける圧力の公正検査に使用されている。国内のみで使用されるものであるため、輸出入量は0とした。
- ・高温用ダイヤフラムシール圧力計は、主に化学繊維・化学樹脂繊維の製造機械に使用されており、高温高圧高粘度下における隔膜式圧力計の媒体として水銀が使用されている。こうした大きな装置に組み込まれて輸出入される量は存在するが、数量等の詳細が把握できていないため、輸出入量は「不明」とした。なお、補修用以外単品での輸出入はされていないと考えられる。

⁷ 経済産業省委託調査「平成23年度環境対応技術開発等（水銀等重金属及び添加製品等の需給・ライフサイクル等状況調査）」（平成24年3月神鋼リサーチ株式会社）

(4) 医療用計測器類（水銀体温計、水銀式血圧計）

医療用計測器類については、厚生労働省の薬事工業生産動態統計及び日本医療機器産業連合会、水銀体温計の輸入販売を行っている企業へのヒアリングによって、以下の数値が把握されている。

表4-4：医療用計測器類の国内生産量・輸出入量に含まれる水銀量

品目	生産量 (個)	生産量中 の水銀量 (t-Hg)	輸入量 (個)	輸入量中 の水銀量 (t-Hg)	輸出量 (個)	輸出量中 の水銀量 (t-Hg)	水銀 使用量 (g/個)
水銀体温計	0	0	152,000	0.18	0	0	1.2
水銀式血圧計	40,038	1.9	7,292	0.35	20,133	0.96	47.6
合計		1.9		0.53		0.96	

医療用計測器の国内生産及び輸出入量に関する留意点

- ・水銀体温計については、国内生産は行われていないが、輸入量約15万本が国内販売されている。
- ・水銀式血圧計については、海外製の安価な製品のインターネットを通じた通信販売量が相当量存在すると考えられるが、数量等の詳細が把握できていないため、マテリアルフローの対象としていない。このため、薬事工業生産動態統計の輸入量は、最小の値と考えることが適当である。

(5) 電気スイッチ及びリレー

日本電気制御機器工業会へのヒアリング調査によれば、同工業会所属の国内メーカーにおいて現在電気スイッチ及びリレーの生産は行われておらず、輸出入量も存在しないが、インターネット上では、スイッチの販売会社の存在を確認できる。実態の詳細が不明のため、マテリアルフローには含めていない。

(6) ランプ類（蛍光ランプ、冷陰極蛍光ランプ、HIDランプ）

ランプ類については、日本電球工業会へのヒアリング調査によって、以下の数値が把握されている。

表4-5：ランプ類の国内生産量・輸出入量に含まれる水銀量

品目	生産量 (千本)	生産量中 の水銀量 (t-Hg)	輸入量 (千本)	輸入量中 の水銀量 (t-Hg)	輸出量 (千本)	輸出量中 の水銀量 (t-Hg)	水銀 使用量 (mg/本)
蛍光ランプ	251,061	1.7	66,296	0.46	14,682	0.10	6.9
冷陰極蛍光ランプ	294,347	0.88	55,633	0.17	300,255	0.90	3.0
HIDランプ	9,725	0.46	2,824	0.13	3,747	0.18	47.3
合計		3.0		0.76		1.2	

ランプ類の製品あたりの水銀使用量に関する留意点

- ・ 蛍光ランプの 1 本あたりの水銀使用量については、日本電球工業会の会員企業の工場における蛍光ランプ製造に使用された水銀量を生産数量で除した「原単位」(製品 1 本あたりの平均水銀封入量)に基づいている。海外から輸入される蛍光ランプの 1 本あたりの水銀使用量については現時点で把握できていないが、本推計では国内製品の 1 本あたりの水銀使用量の値を使用している。
- ・ 冷陰極蛍光ランプと HID ランプについては、日本電球工業会の自主統計に基づき、製品種別の平均水銀使用量を求め、それを出荷量で荷重平均した上で製品 1 本あたりの平均水銀使用量を算出した。これらについて、海外から輸入される製品の 1 本あたりの水銀使用量は把握できていないが、本推計では国内製品の 1 本あたりの水銀使用量の値を使用している。

(7) 歯科用水銀

歯科用アマルガム用に製造される歯科用水銀量については、日本歯科医師会へのヒアリング調査によって、以下の数値が把握されている。

歯科用水銀の国内生産量に含まれる水銀量：0.020 t-Hg

なお、輸出入量については、現時点で情報がないため「不明」とした。

(8) ワクチン保存剤

細菌製剤協会に対するヒアリング調査⁸によれば、2009 年の国内生産量 127g (検定合格したもの)に 63g の水銀が使用された。また、輸入については、チメロサルを含有した製品の 2009 年輸入量はゼロであった。なお、輸出量については、現時点で情報がないため「不明」とした。

(9) 無機薬品(銀朱硫化水銀、水銀化合物)

銀朱硫化水銀及び水銀化合物については、これらの製造・販売を行っている 1 事業者へのヒアリング調査によって、以下の数値が把握されている。

銀朱硫化水銀の国内生産量に含まれる水銀量：1.1 t-Hg

水銀化合物の国内生産量に含まれる水銀量：0.068 t-Hg

なお、輸出入量については、現時点で情報がないため「不明」とした。

⁸経済産業省委託調査「平成 23 年度環境対応技術開発等(水銀等重金属及び添加製品等の需給・ライフサイクル等状況調査)」(平成 24 年 3 月神鋼リサーチ株式会社)

5 . 水銀回収量

水銀回収量については、「水銀を含む廃棄物の回収および処理に関する調査（以下、アンケート調査という）」を平成 24 年度に実施し、中間処理事業所における 2010 年度の水銀回収量の実績データを追加した。また、アンケート調査で把握された、産業廃棄物等からの水銀回収を実施している 3 事業所へのヒアリング調査結果に基づき、数値を追加した把握。なお、本推計によって算出された水銀回収量については、国内における一定の移動量を捉えていると考えられるが、国内には 3 事業所以外にも水銀回収を行っている事業所が存在すると考えられるため、数値は最小の値として取り扱うこととする。

表 5 - 1 : 廃棄物等からの水銀回収量（2010 年度）

項目	水銀回収量（t-Hg）	出典
廃製品（産業廃棄物）*廃水銀を除く	2.8	アンケート調査結果
廃製品（一般廃棄物）	0.42	アンケート調査結果
製品由来の廃水銀	7.6	アンケート調査結果
廃製品以外の産業廃棄物（スラッジ等） *廃水銀を除く	4.3	アンケート調査結果
国内ガス田からの廃水銀	0.65	水銀回収実施事業所ヒアリング
一般廃棄物焼却炉からの廃水銀	0.31	水銀回収実施事業所ヒアリング
非鉄金属製錬滓（排ガススラッジ）	36	アンケート調査結果
輸入された特定有害廃棄物（産業廃棄物）	0.00017	本資料 3 .(3) 参照
合計	52	

注) アンケート調査結果：「水銀を含む廃棄物の回収および処理に関する調査」(平成 24 年度実施)において把握された、各中間処理事業所における 2010 年度実績の積算値。

(1) 非鉄金属製錬の排ガススラッジ

水銀を含む産業廃棄物の中間処理事業所へのアンケート調査の結果によれば、非鉄金属製錬において発生する排ガススラッジからの水銀回収量について、以下の数値が把握されている。

非鉄金属製錬で発生する排ガススラッジからの水銀回収量：36 t-Hg

(2) 廃製品（産業廃棄物及び一般廃棄物）

アンケート調査結果より、産業廃棄物及び一般廃棄物としての廃製品からの水銀回収量が表5-2のとおり把握されている。

表5-2：廃製品の中間処理量及び水銀回収量（2010年度実績）

廃製品	中間処理量（kg）*		水銀回収量（kg）**	
	産廃	一廃	産廃	一廃
乾電池***	2,038,684	11,200,340	363	193
ボタン電池	205,020	230		
蛍光ランプ****	10,051,781	5,146,650	1,487	204
バックライト	201,000	0		
HIDランプ	88,938	100		
医療用水銀体温計	3,219	210	503	21
医療用水銀血圧計	4,963	100		
工業用水銀温度計	1,382			
水銀圧力計				
水銀整流器	670		17	
スイッチ・リレー	5,340		341	
その他	12,800		112	
合計	12,613,797	16,347,630	2,823	418

*中間処理量には、破碎・選別量、焼却溶融量、セメント固化・硫化水銀化量、水銀回収量を全て含む。

**電池類（乾電池、ボタン電池）、ランプ類（蛍光ランプ、バックライト、HIDランプ）、計器類（医療用水銀体温計・血圧計、工業用水銀温度計・圧力計）については、中間処理量をまとめて記載している事業所が多かったため（同じ工程内で水銀回収を行っている事業所が多い）、水銀回収量をまとめて記載している。

***乾電池の処理量はボタン電池の処理量を一部含む（乾電池とボタン電池を同一工程で処理し、処理量の内訳を把握していない事業者があるため）。

****蛍光ランプの処理量は、バックライト及びHIDランプの処理量を一部含む。また、一部の事業者から回答された蛍光ランプ処理量には計測器類の処理量が含まれているため、体温計、蛍光ランプ処理量は血圧計等の処理量を一部含む。

廃製品（産廃及び一廃）からの水銀回収量を以下に示す。ただし、数値はアンケートによって把握された数値であり、全国推計は行っていないため、最小値である。今後、上記アンケートで把握された廃製品からの水銀回収量について、全国的に推計する方法を検討する必要がある。

廃製品（産業廃棄物及び一般廃棄物）からの水銀回収量：0.28 t-Hg + 0.42 t-Hg = 3.2 t-Hg

(3) 廃製品以外の産業廃棄物、汚染土壌、その他廃水銀

アンケート調査結果より、廃製品以外の産業廃棄物、汚染土壌及び廃水銀からの水銀回収量が以下のように把握されている。

表5-3：廃製品以外（産業廃棄物）の中間処理量及び水銀回収量（2010年度実績）

廃製品以外の産業廃棄物	中間処理量 (kg)			水銀回収量 (kg)
	焼却	硫化・固化 中和・不溶化等	水銀回収	
歯科用アマルガム	0	0	2,070	985
試薬	0	75	110	76
廃液（廃酸、廃アルカリ）	89	362,471	27,460	1.01
水銀吸着剤	7,850	0	50	0.00125
スラッジ（汚泥、スラリー等）	215,417	252,481	1,708,160	3,229
ダスト（ばいじん）	0	0	73,323,000	142
汚染土壌	223,180	0	34,000	1.5
合計	446,536	615,027	75,094,850	4,436

廃水銀*	8,580	8,580
廃試薬		833
ガス田		646
一廃焼却炉		308
ユーザー廃水銀		685
その他（退蔵品等）		6,108
非鉄金属製錬滓	659,030	36,202

*廃水銀内訳については、事業所への追加ヒアリングで情報提供していただいた。

廃製品以外（産廃）、廃水銀、非鉄金属製錬滓からの水銀回収量を表5-4に示す。ただし、数値はアンケート調査によって把握された数値であり、全国推計値ではないため、最小値である。今後、上記アンケート調査で把握された廃製品以外（廃液、スラッジ、ダスト）からの水銀回収量について、全国的に推計する方法を検討する必要がある。

表5-4：廃製品以外の産業廃棄物、廃水銀、非鉄金属製錬滓からの水銀回収量

項目	水銀回収量 (t-Hg)
廃製品以外の産業廃棄物	4.4
一廃焼却炉（廃水銀）	0.31
国内ガス田（廃水銀）	0.65
その他廃水銀	7.6
非鉄金属製錬滓（排ガススラッジ）	36

マテリアルフロー図には、(2)及び(3)に基づき、以下の数値を反映した。

- ・市中保有 廃棄物中間処理（焼却以外）：廃製品からの水銀回収量（3.2 t-Hg）+ ユーザー廃水銀からの水銀回収量（7.6 t-Hg）= 11 t-Hg
- ・原燃料の工業利用 廃棄物中間処理（焼却以外）：廃製品以外の産廃からの水銀回収量（4.4 t-Hg）

(4) 国内ガス田（汚泥）

産業廃棄物等からの水銀回収を実施している1事業者へのヒアリング調査によれば、国内ガス田については、(3)の廃水銀(646kg)の他、汚泥から水銀が回収されており、2010年度には国内3事業所から汚泥の持ち込みがあった。ガス田で発生する汚泥からの水銀回収量は以下のとおりである。なお、この値は廃製品以外の産業廃棄物からの水銀回収量に含まれている。

国内ガス田（3事業所）で発生する汚泥からの水銀回収量：0.71 t-Hg

【参考】水銀添加廃製品の各自治体における直接埋立量

環境省で行った廃棄物処理施設等からの水銀等排出状況調査⁹のデータを用いて、廃蛍光管等について、市町村より不燃物として回収したと回答された量（全国で不燃物として回収された量ではない）を集計したものを表5-5に示す。不燃物として回収された量は直接埋立されると想定し、埋立処分される廃蛍光管等に含まれる水銀量を推計した。

表5-5：市町村等により直接埋立された水銀添加廃製品の量（トン/年）

年度	蛍光管	乾電池類
2010	297	213

また、それぞれの製品の水銀含有量は表5-6のように推計されている¹⁰。

表5-6：蛍光管・乾電池類の製品あたりの水銀含有量

製品	製品の水銀含有量
蛍光管	製品重量：220g/本、1本あたりの水銀含有量：0.0069 g-Hg
乾電池類	全国都市清掃会議報告書 ¹¹ によると、平成22年度の乾電池回収量5,034tからの水銀回収量は49 kg-Hg

これらを踏まえ、最終処分場に直接埋立される廃製品中の水銀量の最小値は下表のように推計される。

表5-7：市町村等により直接埋立される廃製品に含まれる水銀量（トン/年）

製品	廃製品としての埋立量（トン/年）	計算式	水銀量（トン/年）
蛍光管	297	$297t \times 0.0072g/220g$	0.0097
乾電池類	213	$213t \times 49 \times 10^{-3}/5,034$	0.0021
合計			0.012

以上より、自治体によって直接埋立される廃製品に含まれる水銀量の最小値は下記のとおりである。なお、市町村等を経由せずに直接埋立される廃蛍光管量については、詳細が把握されていないため、値に含まれていない。

自治体によって直接埋立される廃製品に含まれる水銀量（最小値）：0.012 t-Hg

なお、この数値はあくまで推計による最小値であるため、マテリアルフローには含めていない。

⁹ 環境省請負業務「平成23年度廃棄物処理施設等からの水銀等排出状況調査業務報告書」（平成24年3月株式会社東和テクノロジー）

¹⁰ 経済産業省委託調査「平成23年度環境対応技術開発等（水銀等重金属及び添加製品等の需給・ライフサイクル等状況調査）」（平成24年3月神鋼リサーチ株式会社）

¹¹ 平成22年度使用済み乾電池等の広域回収・処理計画実施状況報告（全国都市清掃会議）
<http://www.jwma-tokyo.or.jp/asp/activity/kandenti/houkoku.pdf>

6. 市中保有量

家庭や事業所等で保有されている水銀含有製品の量等については、定量的な数値を把握することは困難であるが、マテリアルフローの全体像を把握する観点から市中保有やその他の保有量としてフロー上明記している。

なお、参考として、病院・診療所・歯科医院等の事業所や教育・医療・行政機関等における市中保有量を推計したものを以下に示す。

(1) 事業所等における水銀含有製品の市中保有量（病院・診療所・歯科医院）

平成 23 年度環境研究総合推進費補助金研究事業結果報告書「水銀などの有害金属の循環利用における適正管理に関する研究」¹²において、全国の病院・診療所・歯科医院における水銀含有製品の保有量が推計されている。

表 6 - 1 : 全国の病院・診療所・歯科医院における水銀含有製品の保有量推計値

品目		国内施設数	製品を保有している施設の割合 (%)	保有数量		全国保有量	
体温計	病院	8,794	18.2	50.5	個/施設	80,745	個
	診療所	99,083	26.9	10.9	個/施設	290,580	個
	小計					371,325	個
血圧計	病院	8,794	86.4	10.4	個/施設	79,324	個
	診療所	99,083	86.5	3.7	個/施設	315,697	個
	小計					395,021	個
マキコクム液	病院	8,794	9.1	250.0	mL/施設	200	L
	診療所	99,083	5.8		mL/施設		
	小計					200	L
アマルガム	歯科医院	67,779	34.8	230.9	g/施設	5,453	kg

*平成 23 年度調査。全国保有量 = 国内施設数 × 製品を保有している施設の割合 × 保有数量

表 6 - 2 : 全国の病院・診療所における水銀保有量（推計）

品目	全国保有量	製品あたり水銀量	全国保有量（水銀換算値）
体温計	約 37 万個	750 mg-Hg/個	278 kg-Hg
血圧計	約 40 万個	50 g-Hg/個	19,750 kg-Hg
マキコクム液	約 200 L	4.2 g-Hg/ L	1 kg-Hg
アマルガム	約 5 トン		5,453 kg-Hg
合計			25 t-Hg

全国の病院・診療所・歯科医院における水銀保有量：25 t-Hg

¹² 平成 23 年度環境研究総合推進費補助金研究事業結果報告書「水銀などの有害金属の循環利用における適正管理に関する研究」第 2 章「水銀回収量推計の精緻化および製品由来水銀の回収促進」浅利委員研究論文

(2) 教育・医療・行政機関等における水銀含有製品の市中保有量

熊本県内の教育・医療・行政機関等における水銀含有製品の市中保有量

「平成 23 年度熊本県水銀含有製品使用実態等調査結果」¹³によれば、歯科用アマルガム、金属水銀、水銀試薬、体温計及び水銀血圧計の教育・医療・行政機関等における市中保有量、廃棄量及び廃棄予定量は以下の表のとおりである。

表 6 - 3 : 熊本県の医療・教育・行政機関等における水銀含有製品の保有量及び廃棄量・廃棄予定量

品目	保有率		保有量 (kg-Hg)	H20.4 H23.12 廃棄量 (kg-Hg)	H24 の 廃棄予定量 (kg-Hg)*
	%	件数			
歯科用アマルガム	13.1	81/616	7.3	2.0	3.1
金属水銀	大学	3/11	43.7		
	分析機関	5/33	3.4		
水銀試薬	大学	5/11	7.5		
	分析機関	6/33	0.8		
体温計	32.9	1251/3804	22.3	13.0	4.9
水銀血圧計	46.1	1754/3805	391	39.9	31.7
合計			476	54.9	44.7

(注*)「調査実施時点から 1 年以内に廃棄される予定」と回答された水銀含有製品の量。調査は平成 23 年 12 月に行われたため、平成 24 年の廃棄予定量とした。

調査の対象となった教育・医療・行政機関等の内訳

体温計、水銀血圧計に関しては熊本県内の各機関(病院、診療所、薬局、小学校、中学校、高等学校、大学および専門学校、特別支援学校、専修学校、幼稚園、保育所、各市町村、各市町村教育委員会、県教育委員会、分析機関、熊本県組織)約 3,800 件を対象としている。歯科用アマルガムに関しては熊本県内の歯科診療所約 600 件を、金属水銀及び水銀試薬に関しては熊本県内の大学 11 件及び分析機関 33 件を対象としている。

全国の教育・医療・行政機関等における水銀含有製品の市中保有量と年間廃棄量の推計

熊本県の人口比率から、全国の教育・医療・行政機関等における市中保有量、年間廃棄量を推計する。平成 22 年度(平成 22 年 10 月 1 日時点)の熊本県人口の全国人口に対する比率は 1.42%である¹⁴。なお、教育・医療・行政機関等からの平成 22 年度廃棄量については(1)の平成 20 年 4 月～平成 23 年 12 月までの 45 カ月分の廃棄量から 12 カ月分の廃棄量を按分して求める。

歯科用アマルガムについては医療施設動態調査(厚生労働省実施、平成 23 年 9 月末概数)の全国歯科医院数(68,534 件)を用いて全国の歯科医院における歯科用アマルガムの市中保有量を推計した(平成 23 年度熊本県調査でデータが得られた歯科医院数:616 件)。人口比による推計値よりも信頼できる値と考えられるため、歯科用アマルガムに関してはこちらの値を採用する(平成 22 年度廃棄量も同様)。

¹³ 熊本県水銀含有製品使用実態等調査結果(2011 年度) <http://www.pref.kumamoto.jp/soshiki/42/mercury-result.html>

¹⁴ 総務省統計局「統計でみる都道府県のすがた 2012」

表 6 - 4 : 全国の歯科医院における歯科用アマルガムの市中保有量及び廃棄量 (推計)

品目	熊本県保有量 (kg-Hg)	全国保有量 (試算値, kg-Hg)	熊本県の歯科医院からの平成 22 年度廃棄量 (kg-Hg)	全国の歯科医院からの平成 22 年度廃棄量 (kg-Hg)
歯科用アマルガム	7.3	812	0.53	59.3

他項目については、人口比から全国の数値を推計した。

表 6 - 5 : 全国の教育・医療・行政機関等における水銀含有製品の保有量及び廃棄量 (推計)

品目	熊本県保有量 (kg-Hg)	全国保有量 (kg-Hg)	熊本県内教育・医療・行政機関等からの平成 22 年度廃棄量 (kg-Hg)	全国教育・医療・行政機関等からの平成 22 年度廃棄量 (kg-Hg)
歯科用アマルガム	7.3	812	0.53	59.3
金属水銀	大学	43.7	3,077	
	分析機関	3.4	239	
水銀試薬	大学	7.5	528	
	分析機関	0.8	56	
体温計	22.3	1,570	3.47	244
水銀血圧計	391	27,542	10.6	746
合計	476	33,824	14.6	1,049

(3) 市中保有量の推計結果

(1) と (2) より、全国の教育・医療・行政機関等における水銀含有製品の保有量の推計結果は以下のとおりである。なお、以下の数値はあくまで推計による参考値であるため、マテリアルフローには含めていないが、この結果を踏まえ、市中保有量は少なくとも数十トン以上あることが予想される。

表 6 - 6 : 2010 年度における市中保有量の推計値 (教育・医療・行政機関等)

項目	水銀量 (t-Hg)
市中保有量 [病院・診療所]	25
市中保有量 [教育・医療・行政機関等]	34
市中保有量からの年間廃棄量 [教育・医療・行政機関等]	1.05

7. 廃棄物焼却

(1) 一般廃棄物焼却に係る水銀フロー

一般廃棄物焼却施設で発生する焼却灰・飛灰の再資源化の用途及び量

一般廃棄物の焼却灰・飛灰の再資源化の用途及び量については、環境省廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課で実施した「平成 22 年度一般廃棄物処理状況調査」において、以下のデータが得られている。

表 7 - 1 : 一般廃棄物焼却施設で発生する焼却灰・飛灰の再資源化の用途及び量

都道府県	焼却灰・飛灰のセメント原料化 (t)	飛灰の山元還元 (t)
北海道	586	0
青森県	558	1,610
岩手県	0	0
宮城県	0	0
秋田県	0	0
山形県	0	0
福島県	0	3,438
茨城県	0	0
栃木県	0	0
群馬県	106	0
埼玉県	57,507	3,020
千葉県	47,022	1,801
東京都	63,341	345
神奈川県	1,945	322
新潟県	0	878
富山県	0	0
石川県	207	0
福井県	0	0
山梨県	577	0
長野県	1,006	2,248
岐阜県	363	1,904
静岡県	8,849	187
愛知県	602	1,622
三重県	6,126	1,059
滋賀県	0	0
京都府	0	0
大阪府	0	17
兵庫県	2,002	562
奈良県	0	0
和歌山県	0	0
鳥取県	0	0
島根県	567	0
岡山県	0	1,487
広島県	6,810	3,414
山口県	20,567	0
徳島県	0	501
香川県	900	2,127
愛媛県	2,294	112

都道府県	焼却灰・飛灰のセメント原料化 (t)	飛灰の山元還元 (t)
高知県	8,649	4,517
福岡県	12,277	3,601
佐賀県	815	2,185
長崎県	0	823
熊本県	1,385	814
大分県	5,074	0
宮崎県	2,291	0
鹿児島県	0	1,017
沖縄県	0	797
全国	253,426	40,408

* 飛灰の山元還元とは、非鉄金属回収のため非鉄金属製錬に移されることをさす。

一般廃棄物焼却施設で発生する焼却灰・飛灰の水銀含有量

一般廃棄物焼却施設で発生する焼却灰と飛灰に含まれる水銀量については、環境省廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課で行った廃棄物処理施設からの水銀等の重金属排出状況調査¹⁵の数値を用いる。焼却灰及び飛灰に含まれる水銀量は以下のとおりである。

表 7 - 2 : 廃棄物処理施設で発生する焼却灰及び飛灰の水銀含有量

媒体	水銀含有量最大値 (mg/kg-dry)	水銀含有量最小値 (mg/kg-dry)	平均値 (mg/kg-dry)
焼却灰	0.07	<0.01	0.03
飛灰	13	0.21	5.4

一般廃棄物焼却施設で発生する焼却灰・飛灰の再資源化量に含まれる水銀量

セメント原料化される焼却灰と飛灰の内訳量の詳細は明らかになっていないが、一般に廃棄物焼却施設において廃棄物全量に対して焼却灰は 11%、飛灰は 3%の量が発生するため、焼却灰 90% + 飛灰 10%の場合と、焼却灰 80% + 飛灰 20%の場合の 2 通りを仮定して試算することとする。

表 7 - 3 : 一般廃棄物焼却施設で発生する焼却灰・飛灰の再資源化量に含まれる水銀量

再資源化用途	飛灰・焼却灰量 (t)	水銀量 (t-Hg)		
		主 90%飛 10% (0.57mg/kg-dry)	主 80%飛 20% (1.1mg/kg-dry)	飛 100% (5.4mg/kg-dry)
焼却灰・飛灰の セメント原料化	253,426	0.144	0.279	
飛灰の山元還元	40,408			0.218
合計		0.14	0.28	0.22

(注) 上表において「主」は主灰(焼却灰)の略、「飛」は飛灰の略

¹⁵ 環境省請負業務「平成 21 年度廃棄物処理施設からの水銀等排出状況調査業務報告書(平成 22 年 3 月東京テクニカルサービス株式会社) <http://www.env.go.jp/recycle/report/h23-14.pdf>

一般廃棄物焼却施設からセメント製造施設に移行する水銀量：0.14 t-Hg～0.28 t-Hg

一般廃棄物焼却施設で発生する焼却灰・飛灰の移動に係る水銀フロー

一般廃棄物焼却施設から発生する焼却灰・飛灰に含まれる水銀量については、環境省水・大気環境局大気環境課による平成 24 年度「水銀の大気排出インベントリー調査」において把握されている大気排出量及び排出低減効率より、下記のように求められる。

表 7 - 4：一般廃棄物焼却施設水銀大気排出量及び水銀除去量

	水銀大気排出量 (t-Hg)	排出低減効率	水銀除去量 (t-Hg)
焼却施設(灰溶融併設施設を除く)	1.3～1.9	91～89%	9.9～19.7

焼却残さ中の水銀量、 で求めたセメント製造施設で再利用される焼却灰・飛灰に含まれる水銀量、非鉄金属製錬で再利用される飛灰に含まれる水銀量から、下記のように一般廃棄物焼却施設で発生する焼却灰・飛灰の移動に係る水銀フローを推計した。

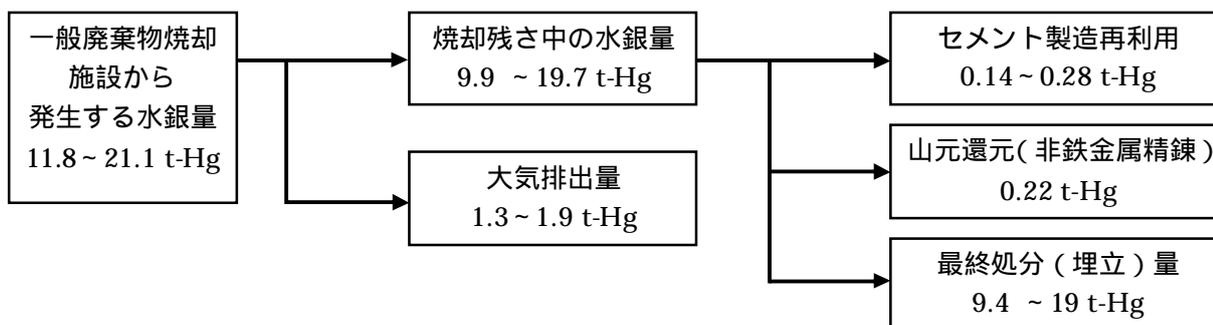


図 7 - 1：一般廃棄物焼却施設で発生する焼却灰・飛灰の移動に係る水銀フロー

一般廃棄物焼却に係る水銀フローの数値

～ より、一般廃棄物の焼却に係る水銀フローの数値は表 7 - 5 のとおりである。

表 7 - 5：一般廃棄物焼却に係る水銀フローの各項目の数値

項目	水銀量 (t-Hg)
一般廃棄物焼却量に含まれる水銀量	12～21
一般廃棄物焼却 大気排出量	1.3～1.9
一般廃棄物焼却 セメント製造再利用	0.14～0.28
一般廃棄物焼却 非鉄製錬施設(山元還元)	0.22
一般廃棄物焼却 最終処分(埋立)量	9.4～19

(2) 産業廃棄物焼却に係る水銀フロー (医療廃棄物焼却施設を含む)

産業廃棄物焼却施設からの大気排出量は、環境省水・大気環境局大気環境課による平成 23 年度「水銀大気排出インベントリー調査」において、(a)原燃料中濃度を用いる方法及び (b)総括排出係数を用いる方法の 2 通りで推計されている。推計に用いた係数および水銀大気排出量は以下のとおりである。

表 7 - 6 : 産業廃棄物焼却施設からの大気排出量の推計値

原燃料等種類		推計方法	推計年度	排出低減効率	総括排出係数 (mg-Hg/t-waste)	大気排出量 注 (t-Hg)
産業廃棄物 (Total)		(a)	2008	47.9%	-	3.3 ~ 4.1
		(b)	2009		48	1.1
産業廃棄物 (Total)		(b)			-	0.73
内訳	産業廃棄物 (医療廃棄物を含まない)	(b)	2009		19	0.42
	医療廃棄物	(b)	2008		310	0.31
合計						0.73 ~ 4.1

(注) 複数の方法で大気排出量を推計したが、いずれの方法も係数等の算出に用いたデータ数が少なく、精度が低いと判断されたため、最大値と最小値の幅で大気排出量を示すこととした。

大気排出量 (0.73 ~ 4.1 t/年) および、排出低減効率 (47.9%) を用いてマスバランスを取ると、大気へ排出されずに飛灰等として除去された水銀量は下表のとおり算出される。これらが全て最終処分場に埋め立てられると仮定して、産業廃棄物焼却施設からの水銀最終処分量とした。

表 7 - 7 : 産業廃棄物焼却施設水銀大気排出量及び水銀除去量

	大気排出量 (t-Hg)	排出低減効率	水銀除去量 (t-Hg)
産業廃棄物焼却施設	0.73 ~ 4.1	47.9%	0.67 ~ 3.8

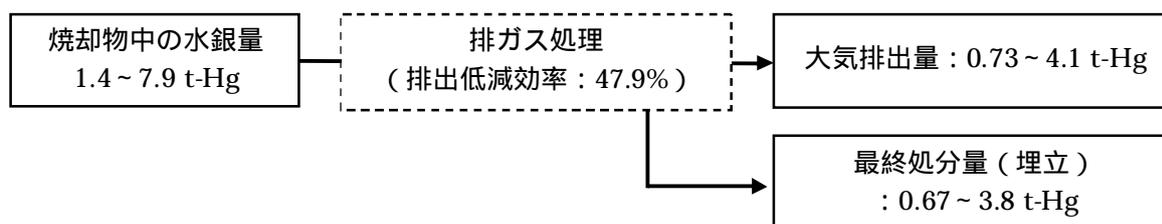


図 7 - 2 : 産業廃棄物焼却に係る水銀フロー

表 7 - 8 : 産業廃棄物焼却に係る水銀フローの各項目の数値

項目	水銀量 (t-Hg)
産業廃棄物焼却量に含まれる水銀量	1.4 ~ 7.9
産業廃棄物焼却 大気排出量	0.73 ~ 4.1
産業廃棄物焼却 最終処分 (埋立) 量	0.67 ~ 3.8

産業廃棄物の焼却に関する留意点

産業廃棄物焼却施設からの最終処分量については、飛灰等の再資源化率等の情報が把握されていないため、大気へ排出されずに除去された水銀が全て最終処分場に埋め立てられると仮定して推計している。また、推計に用いた係数の精度が低いため、今後実測データの追加等により係数が見直された場合には、水銀除去量を推計し直す必要がある。

(3) 下水汚泥焼却に係る水銀フロー

下水汚泥焼却量から発生する飛灰中の水銀量

環境省水・大気環境局大気環境課による平成 23 年度「水銀大気排出インベントリー調査」において、下水汚泥焼却施設からの大気排出量については、(a)原燃料中濃度を用いる方法及び (b)総括排出係数を用いる方法で推計されている。推計に用いた係数及び水銀大気排出量の推計結果は、次のとおりである。

なお、(a)の推計方法は、(b)に比べて係数等の算出に用いた文献数や実測データ数が多いため、水銀大気排出インベントリーには(a)に基づく推計結果を反映させている。

表 7 - 9 : 下水汚泥焼却施設からの大気排出量に用いる係数及び推計結果¹⁶

原燃料等種類	推計方法	推計年度	排出低減効率 ^注	総括排出係数 (mg-Hg/t-waste)	大気排出量 (t-Hg)
下水汚泥	(a)	2009	47.9%		0.17 ~ 0.85
	(b)	2009		0.013 ~ 0.29	0.061 ~ 1.4

(注) 排出低減効率は、産業廃棄物焼却施設の数値を代用している。

下水汚泥焼却施設から発生する飛灰の移動に係る水銀フロー

大気排出量 (0.17 ~ 0.85 t/年) 及び、排出低減効率 (47.9%) を用いてマスバランスを取ると、大気へ排出されず飛灰等として除去された水銀量は下表のとおり算出される。

表 7 - 10 : 下水汚泥焼却施設における水銀大気排出量及び水銀除去量

	水銀大気排出量 (t-Hg)	排出低減効率	水銀除去量 (t-Hg)
下水汚泥焼却施設	0.17 ~ 0.85	47.9%	0.16 ~ 0.78

下水汚泥焼却には流動床炉が使われることが多く、基本的に主灰は発生しないことから、大気に放出されずに除去された水銀を含む飛灰の量はほぼ焼却灰の量と等しいと考えられる。そこで、焼却灰の処分・利用量 (全国集計：2009 年度実績) を踏まえて、水銀除去量を処分・利用用途別に按分する。

¹⁶ 環境省請負業務「平成 23 年度水銀大気排出インベントリー調査業務」報告書 (平成 24 年 3 月株式会社エックス都市研究所)

表 7 - 1 1 : 焼却灰の最終安定化先ごとの処分・利用量と水銀除去量

最終安定化先	焼却灰 処分・利用量 DS- t /年 ^注	割合	水銀量 t/年	マテリアルフローへの反映方法	
埋立処分	422,239	28.4%	0.05 ~ 0.22	最終処分（埋立）	
緑農地利用	11,974	0.8%	0.00 ~ 0.01	土壌への排出	
建設資材 利用	セメント化	720,513	48.5%	0.08 ~ 0.38	セメント製造施設
	セメント化以外	301,683	20.3%	0.03 ~ 0.16	建設資材利用等
固形燃料	0	0.0%	0		
その他有効利用	5,736	0.4%	0.00 ~ 0.00	建設資材利用等	
海洋還元	0	0.0%	0		
場内ストック	1	0.0%	0.00 ~ 0.00	建設資材利用等	
その他	22,413	1.5%	0.00 ~ 0.01	建設資材利用等	
合計	1,484,558	100%	0.16 ~ 0.78		

(注) 焼却灰処分・利用量の出典：国土交通省提供データ「処分・利用量全国集計（発生固形物量ベース・平成21年度実績）」

下水汚泥焼却に係る水銀フローの各項目の数値

～ より、下水汚泥中に含まれる水銀のフローは図 7 - 3 のとおりである。

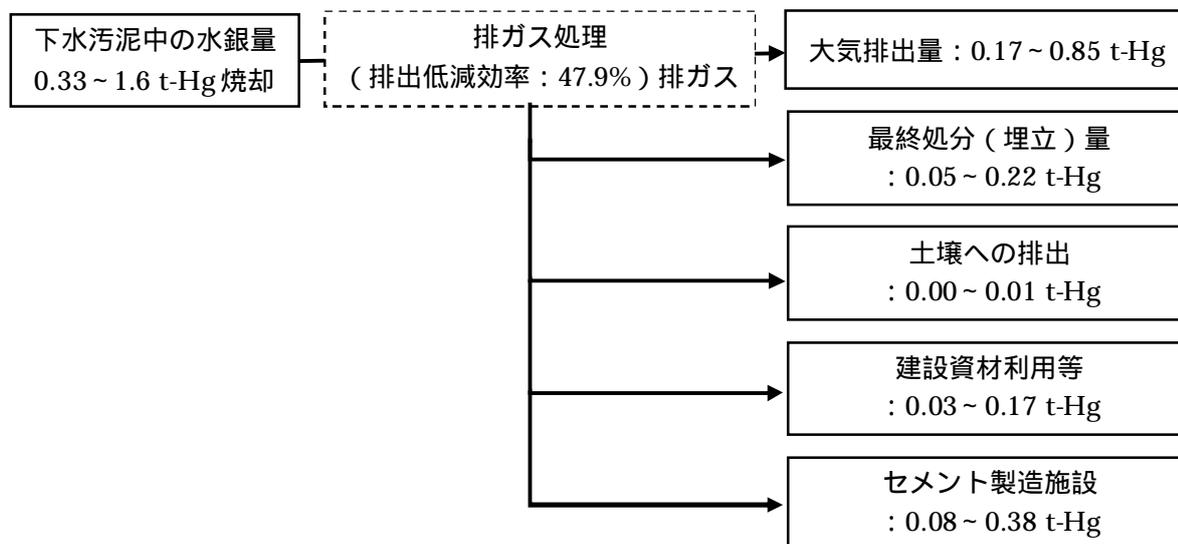


図 7 - 3 : 下水汚泥焼却に係る水銀フロー

これより、フローにおける各項目の数値は表 7 - 1 2 のとおりとなる。

表 7 - 1 2 : 下水汚泥焼却に係る水銀フローの各項目の数値

フローの更新箇所	水銀量 (t-Hg)
下水汚泥焼却量に含まれる水銀量	0.33 ~ 1.6
下水汚泥焼却 大気排出量	0.17 ~ 0.85
下水汚泥焼却 最終処分 (埋立) 量	0.05 ~ 0.22
下水汚泥焼却 土壌排出量	<0.01
下水汚泥焼却 建設資材利用等	0.03 ~ 0.17
下水汚泥焼却 セメント製造再利用	0.08 ~ 0.38

8. 原燃料の工業利用に係る水銀フロー

(1) 原燃料の工業利用で発生する石炭灰及び汚泥の最終処分(埋立)量

各種発生源における水銀排出源と処理状況の整理(平成23年度ヒアリング調査結果)

原燃料を利用する工業のうち水銀条約条文案(UNEP(DTIE/Hg/INC.3/3))の附属書Fに記載されている発生源については、環境省水・大気環境局大気環境課による平成23年度「水銀大気排出インベントリー調査」の中で業界団体へのヒアリング調査を行い、我が国における一般的な製造工程を整理した。これを踏まえ、各種発生源における水銀排出源となりうる副生成物等と処理・再利用の状況等を抜粋すると、次のようになる。

表8-1: 各水銀発生源における水銀排出源及びその処理再利用状況

発生源(注1)		水銀排出源となる副生成物等(注2)	処理・再利用の状況等
石炭火力発電所		石炭灰	セメント原料、コンクリート用混和剤、土木材料等、最終処分
		脱硫石膏	建設材料、セメント原料
		汚泥	セメント原料
産業用石炭焼きボイラー		石炭灰	有効利用または最終処分
		汚泥	管理型処分場へ埋立
非鉄製錬施設		脱硫石膏等	セメント原料等
		排ガス処理スラッジ	水銀回収
一次製鉄プラント	コークス炉	精製Cガス	再利用(工場内外のボイラ燃料)
		精製副生物	販売
		タール	タール蒸留
		タールスラッジ	コークス炉へ再利用
	焼結炉	汚泥	コークス炉へ再利用
		ESPダスト	焼結機で再利用
	高炉	脱硫石膏	(設置されていない施設もある)
		スラグ	(Hgはほぼ検出されない)
		ダスト(ダストキャッチャー)	焼結再利用、亜鉛回収、セメント原料
二次製鉄プラント	電気炉	スラッジ	亜鉛回収
		電炉ダスト	(Hgはほぼ検出されない)
		電炉ダスト	亜鉛回収
石油・ガス生産施設		排水処理スラッジ	再生土として利用
		セパレータスラッジ	水銀回収
		使用済水銀吸着剤	水銀回収

(注1) 水銀条約条文案附属書Fに記載されている発生源のうち、廃棄物焼却施設を除いたもの。

(注2) 排ガス、排水および製品は、廃棄・最終処分には該当しないため、本表には記載していない。

ヒアリング調査によって最終処分されると判明した副生成物は、石炭火力発電所から発生する石炭灰並びに産業用石炭焼きボイラーから発生する石炭灰及び汚泥である(表8-1の網かけ部分)。

石炭火力発電所由来の石炭灰・汚泥中の水銀量

石炭火力発電所で発生する石炭灰の量は2007年度データで約768万トンであり、大気排出インベントリーデータより得られる石炭灰中の水銀濃度(0.20mg/kg)を用いると、石炭灰1万トンあたりに含まれる水銀量は2.0 kg-Hgとなる。2009年度の石炭灰発生量は約809万トン¹⁷である。

以上より、石炭火力発電所で発生する石炭灰に含まれる水銀量： $809 \text{ 万トン} \times 2.0 = 1618 \text{ kg-Hg}$

また石炭火力発電所で発生する脱硫石膏の量は2007年度データで197万トンであり、そのなかに含まれる水銀量は373 kg-Hgと推計されている¹⁸。

産業用石炭焼きボイラー由来の石炭灰・汚泥中の水銀量

平成24年度「水銀大気排出インベントリー調査」では、産業用石炭焼きボイラーの水銀大気排出量および排出低減効率は、石炭火力発電所の推計で用いた係数を用いて下表のとおり試算されている。石炭中の水銀のうち大気へ排出されなかった量については、石炭灰・汚泥等に含まれて除去されたと考えられる。

電気事業連合会のデータ¹⁹によると、石炭燃焼によって発生する石炭灰量と汚泥・脱硫石膏量の比率は4：1である。また、石炭灰中と汚泥・脱硫石膏中の水銀濃度の比率は、石炭火力発電所で発生する石炭灰及び汚泥・脱硫石膏発生量のデータを用いると3：5である。

表8-2：石炭灰と汚泥・脱硫石膏の発生量・水銀濃度・水銀含有量の比率

	比率	
	石炭灰	汚泥・脱硫石膏
発生量	4	1
水銀濃度	3	5
水銀含有量	12	5

発生量と水銀濃度の比率を掛け合わせると、石炭燃焼によって発生する水銀量が12：5の割合で石炭灰と汚泥・脱硫石膏に残ると考える。このうち汚泥・脱硫石膏は100%が管理型処分場に処分される。

表8-3：産業用石炭焼きボイラーの水銀大気排出量及び水銀除去量²⁰

	水銀大気排出量(t-Hg)	排出低減効率	水銀除去量(t-Hg)
産業用石炭焼きボイラー	0.21	72.9%	0.56

¹⁷ 財団法人石炭エネルギーセンター「石炭灰全国実態調査報告書(平成21年度実績)」

¹⁸ 経済産業省委託調査「平成22年度環境対応技術開発等(水銀等重金属及び添加製品等の需給・ライフサイクル等状況調査)」(平成23年2月神鋼リサーチ株式会社)

¹⁹ 電気事業連合会：第47回中央環境審議会循環型社会計画部会資料1-2(平成20年10月29日)

²⁰ 環境省請負業務「平成23年度水銀大気排出インベントリー調査業務」報告書(平成24年3月エックス都市研究所)

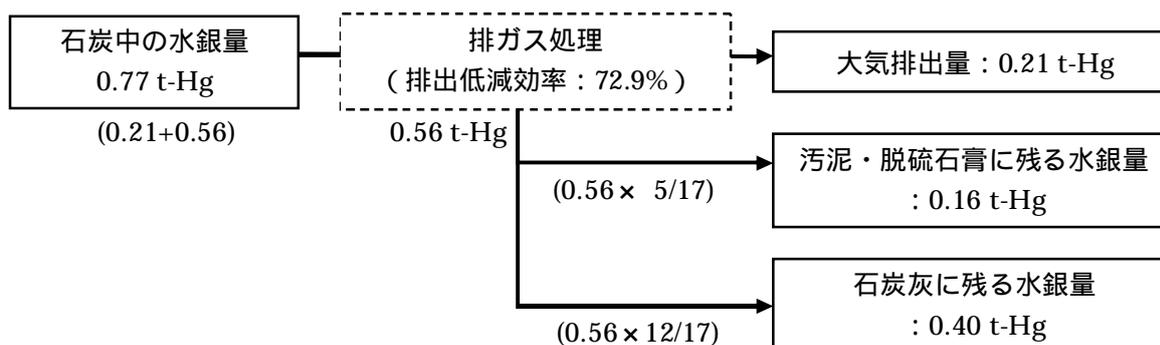


図 8 - 1 : 産業用石炭焼きボイラーに係る水銀フロー

原燃料の工業利用から最終処分される水銀量

原燃料の工業利用（石炭火力発電所及び産業用石炭焼きボイラー）で発生する石炭灰中に含まれる水銀量については、とより以下のように算出される。

原燃料の工業利用で発生する石炭灰中に含まれる水銀量： $1.62 + 0.40 = 2.02$ t-Hg

石炭灰の平成 21 年度の有効利用率は 97%であり、残りの約 3%が最終処分される²¹。

最終処分される石炭灰に含まれる水銀量： $2.02 \text{ t-Hg} \times 3\% = 0.061$ t-Hg

また、産業用石炭焼きボイラーで発生する汚泥に含まれる水銀量は 0.16 t-Hg であり、これがすべて最終処分される。したがって、石炭火力発電所及び産業用石炭焼きボイラーで発生する最終処分される石炭灰及び汚泥に含まれる水銀量は、以下のように算出される。

原燃料の工業利用から最終処分される石炭灰及び汚泥に含まれる水銀量： $0.061 + 0.16 = 0.22$ t-Hg

(2) 原燃料の工業利用で発生する石炭灰のセメント製造再利用量

石炭火力発電所及び石炭焼き産業ボイラーで発生する石炭灰に関して、(1)において下記数値が推計されている。

表 8 - 4 : 原燃料の工業利用で発生する石炭灰年間発生量及び有効利用量に含まれる水銀量

項目	数値
石炭灰年間発生量に含まれる水銀量	2.02 t-Hg
石炭灰の有効利用率	97% (平成 21 年度)
有効利用される石炭灰に含まれる水銀量	$2.02 \text{ t-Hg} \times 97\% = 1.96$ t-Hg

²¹ 財団法人石炭エネルギーセンター「石炭灰全国実態調査報告書（平成 21 年度実績）」

石炭灰の有効利用量の用途内訳のうち、セメント分野に係る量は以下のとおりである。

表 8 - 5 : 石炭灰のセメント分野における有効利用用途と構成比²²

分野	用途	構成比 (%)
セメント分野	セメント原材料	63.7
	セメント混和材	2.32
	コンクリート混和材	0.52
	合計	66.5

原燃料の工業利用からセメント製造再利用される石炭灰中の水銀量： $1.96 \times 66.5\% = 1.30 \text{ t-Hg}$

(3) 非鉄金属製錬で発生する脱硫石膏のセメント製造再利用量

日本鉱業協会へのヒアリング調査により、2010 年度に非鉄金属製錬で発生しセメント製造に再利用される脱硫石膏に含まれる水銀量は 1.3 トンと把握された。

なお、再利用される脱硫石膏はセメント製造における仕上げ工程で使用され、燃焼工程では使用されないため、脱硫石膏に含まれる水銀量 1.3 トンはセメント製造からの大気排出量には関与しない。

(4) 土壌への水銀排出量の推計

石炭火力発電所及び石炭焚き産業ボイラーで発生する石炭灰に関して、(1)において下記数値が推計されている。

表 8 - 6 : 原燃料の工業利用で発生する石炭灰年間発生量及び有効利用量に含まれる水銀量

項目	数値
石炭灰年間発生量に含まれる水銀量	2.02 t-Hg
石炭灰の有効利用率	97 % (平成 21 年度)
有効利用される石炭灰に含まれる水銀量	$2.02 \text{ t-Hg} \times 97\% = 1.96 \text{ t-Hg}$

石炭火力発電所及び石炭焚き産業ボイラーから発生する石炭灰については、その大部分が有効利用されている。石炭灰の有効利用量の用途内訳は表 8 - 7 のとおりである。

²² 財団法人石炭エネルギーセンター「石炭灰全国実態調査報告書(平成 21 年度実績)」

表 8 - 7 : 石炭灰の有効利用量の用途内訳²³

分野	用途	構成比 (%)
セメント分野	セメント原材料	63.7
	セメント混合材	2.32
	コンクリート混和材	0.52
	小計	66.5
土木分野	地盤改良材	5.09
	土木工事用	4.55
	電力工事用	0.07
	道路路盤材	2.40
	アスファルト・フィラ材	0.08
	炭坑充填剤	2.63
	小計	14.8
建築分野	建材ボード	3.04
	人口軽量骨材	0.00
	コンクリート 2 次製品	0.32
	小計	3.36
農林・水産分野	肥料 (含: 融雪剤)	0.25
	漁礁	0.00
	土壌改良材	0.84
	小計	1.09
その他	下水汚水処理材	0.43
	製鉄用	0.07
	その他	13.7
	小計	14.2
合計		100.00

このうち、土木分野の用途（地盤改良材、土木工事用、電力工事用、道路路盤材、アスファルト・フィラ材、炭坑充填材）及び農林・水産分野の肥料用途・土壌改良材に有効利用される石炭灰に関しては、土壌への混合あるいは土壌に直接敷きつめる形で使用されるため、本推計において土壌への排出として扱うものとする。これらの用途に使用される石炭灰は、石炭灰の有効利用量全体の約 16% を占める（表 8 - 7 網掛け部分の構成比の合計値）。

原燃料の工業利用で発生する石炭灰の有効利用に伴う土壌への排出量： $1.96 \text{ t-Hg} \times 16\% = 0.31 \text{ t-Hg}$

²³ 財団法人石炭エネルギーセンター「石炭灰全国実態調査報告書（平成 21 年度実績）」

【参考】PRTR データにおける埋立量

2010年度のPRTRデータから、埋立量が0 kgより大きい業種のデータを抜粋したものを下表に示す。PRTR データについては水銀埋立量 0.66t（内、非鉄金属製造業が 0.61t）と推計されている。

表 8 - 8 : PRTR データにおける水銀埋立量

業種		届出排出量 (kg-Hg)	届出外推計量 (kg-Hg)
		埋立	埋立
原燃料の工業利用等	非鉄金属製造業	610	
水銀含有製品生産・利用	化学工業	0	3.8
	電気機械器具製造業	0	13.3
	高等教育機関		1.9
	自然科学研究所	0	1.9
廃棄物処理	産業廃棄物処分量（特別管理産業廃棄物処分量を含む。）	30	
合計	原燃料の工業利用等	610	0
	水銀含有製品生産・利用	0	20.9
	廃棄物処理	30	0

（注）参考表の「届出外推計量（埋立）」の数値は裾切り以下のものであり、年度によっても大きく変動する可能性がある。

（ 5 ）原燃料の工業利用に係る水銀フローの各項目の数値

（ 1 ）～（ 3 ）より、原燃料の工業利用に係る水銀フローの各項目の数値は以下のとおりである。

表 8 - 9 : 原燃料の工業利用に係る水銀フローの各項目の数値

フローの更新箇所	水銀量 (t-Hg)
原燃料の工業利用 最終処分（埋立）量（石炭灰・汚泥）	0.22
原燃料の工業利用 セメント製造再利用（石炭灰）	1.30
原燃料の工業利用 セメント製造再利用（脱硫石膏）	1.3
原燃料の工業利用 土壌への排出量（石炭灰）	0.31

9. 公共用水域への排出量

(1) PRTR データで把握されている排出量

2010 年度の PRTR データを使用した。公共用水域及び土壌への排出量が 0 kg より大きい業種のデータを抜粋したものを下表に示す。

表 9 - 1 : PRTR データにおける水銀排出量

単位 : kg

業種		届出排出量		届出外推計量
		公共用水域	土壌	公共用水域
原燃料の 工業利用等	非鉄金属製造業	22	0	
	パルプ・紙・紙加工品製造業	2	0	
水銀含有製品生 産・利用	化学工業	0	0	0.2
	電気機械器具製造業	0	0	0.5
	高等教育機関			0.1
	自然科学研究所	0	0	0.1
製品の使用に伴う 低含有率物質	火力発電所			4.4
下水道 終末処理	下水道業	118	0	
廃棄物処理	一般廃棄物処理業（ごみ処分業に限る）	9	0	
	産業廃棄物処分業 （特別管理産業廃棄物処分業を含む）	9	0	
合計	原燃料の工業利用等	24	0	0
	水銀含有製品生産・利用	0	0	0.9
	火力発電所			4.4
	下水道終末処理	118	0	0
	廃棄物処理	18	0	0

(注 1) 空欄：排出量の届出または届出外排出量の推計がなされていないもの。

(注 2) 「廃棄物処理」からの届出排出量は、一般廃棄物最終処分場又は管理型産業廃棄物最終処分場の放流水に含まれる水銀排出量であり、一般廃棄物焼却施設及び産業廃棄物焼却施設からの排出量を含まない。また、「下水道業」の届出排出量は、下水汚泥焼却施設からの排出量を含まない。

(2) 魚アラに係る水銀フロー

魚アラの定義

魚介類から可食部分を取り除いた頭・骨・内臓などの総称。水産物の流通・加工・消費の各過程で発生し、産地及び消費地の流通段階で集中的に発生する²⁴。

年間魚アラ発生量

農林水産省の平成 22 年度食料需給表によると、魚介類の国内消費量、粗食料、飼料としての消費量、純食料は以下のようになっている。これらの数値より、以下のように年間の魚アラ発生量を求める。

魚介類の国内消費仕向量：870 万トン（粗食料：677 万トン、飼料用：194 万トン）

年間純食料：粗食料 × 歩留率 = 677 万トン × 55.7% = 377 万トン

年間魚アラ発生量：677 万トン - 377 万トン = 300 万トン

²⁴ 平成 17 年 3 月「京都魚アラリサイクルセンター建て替え整備事業に係る生活環境影響調査書」
<http://www.city.kyoto.lg.jp/kankyo/cmsfiles/contents/0000000/239/tyousa.pdf>



図9 - 1 : 2010 年の年間魚アラ発生量

年間魚アラ発生量に含まれる水銀量

魚介類の水銀含有量については、平成 12 年～平成 20 年に厚生労働省、水産庁、地方自治体によって行われた魚介類（453 種類、検体数 16,437）の水銀濃度に関する調査²⁵の結果、以下が把握された。

魚介類中の総水銀の平均含有濃度 : 0.136ppm

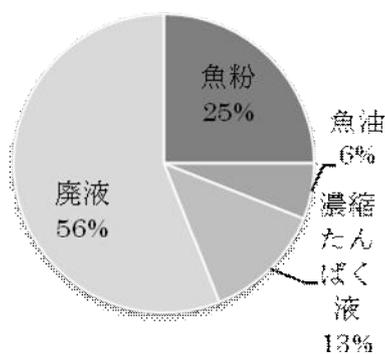
（うち 2,228 検体に関してメチル水銀が検出された。メチル水銀の平均含有濃度 : 0.251ppm）

よって、年間魚アラ発生量に含まれる水銀量は、以下のように算出される。

年間魚アラ発生量に含まれる水銀量 = 300 万トン × 0.136ppm = 0.40 t-Hg

魚アラの再利用処理

魚アラ処理には「クックアンドドライ方式」が用いられており、蒸気で熱した魚アラを圧搾・乾燥し水分を取り除き、魚粉が製造される。取り除かれた液分は油分離装置・濃縮装置にかけられ、魚油、濃縮たんぱく液、廃液に分けられる。廃液は脱臭処理などを施した後、海に排出される。総水銀・メチル水銀は魚アラ処理施設における処理過程では除去されない。



処理方法	割合 (%)
魚粉（配合飼料・有機肥料の原料）	25
魚油（燃料）	6
濃縮たんぱく液（飼料・肥料添加液）	13
廃液	56
合計	100

図9 - 2 : 魚アラの再利用処理の方法と割合（財団法人魚アラ処理公社 HP²⁶より引用、年度不明）

また、社団法人日本フィッシュミール協会が魚油・魚粉生産事業者 70 社（事業者カバー率 100%）を対象に行った調査²⁷によると、2006 年度の魚油・魚粉生産実績は以下のとおりである。

表9 - 2 : 魚油・魚粉生産に使用される原料処理量内訳（2006 年度）

	受入項目	受入量（トン）
原料処理量	ラウンド（イワシ等の魚をそのまま原料とするもの）	93,550
	残滓（魚アラ）	864,543
	合計	958,093

²⁵ 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会乳肉水産食品部会（平成 21 年 5 月 18 日）資料 2-4

²⁶ <http://www.uoara.or.jp/>

²⁷ 平成 19 年度食品リサイクル法に係る施行状況調査報告書（環境省廃棄物・リサイクル対策部）

年間発生魚アラ推計量 300 万トン中、上表の残滓量約 86 万トンが魚油・魚粉生産事業者に持ち込まれており、それ以外は廃棄されていると考えられる。魚介類の水銀含有量について の値を用い、事業者に持ち込まれた魚アラの再利用方法と割合について図 3 の内訳を適用すると、図 9 - 3 のようにフローが推計される。

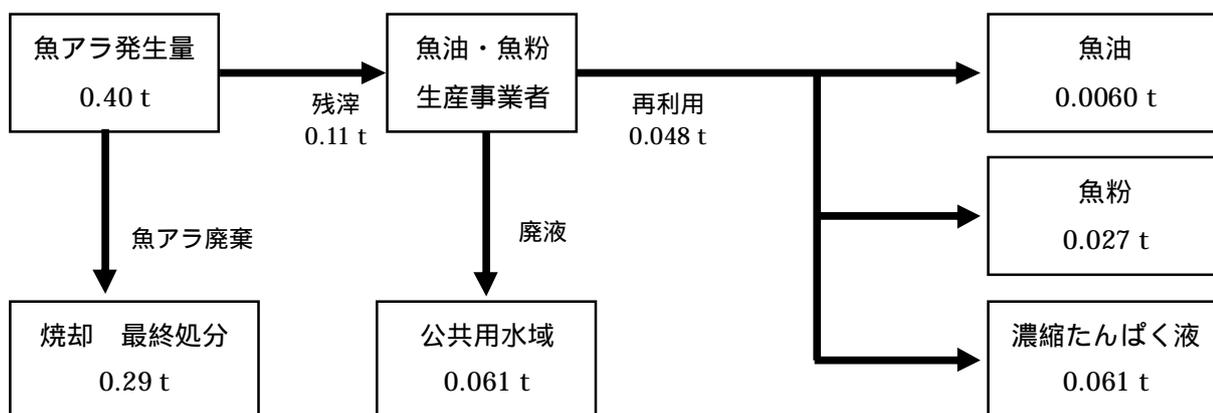


図 9 - 3 : 魚アラに係る水銀フロー

マテリアルフロー更新箇所

～ より、魚アラに係る水銀フローについて以下の数値が把握された。

表 9 - 3 : 魚アラに係る水銀フローの各項目の数値

項目	水銀量 (t-Hg)
年間発生魚アラ量に含まれる水銀量	0.40
焼却され最終処分される魚アラに含まれる水銀量	0.29
廃液として公共用水域に排出される水銀量	0.061
魚アラ再利用率 (魚油・魚粉・濃縮たんぱく液) に含まれる水銀量	0.048

(3) 公共用水域への排出量

(1) (2) より、公共用水域への水銀排出量は以下のとおりである。

表 9 - 4 : 公共用水域への排出量

排出源	水銀量 (t-Hg)
原燃料の工業利用 (パルプ・紙・紙加工品製造業)	>0.002
下水道終末処理	>0.12
水銀含有製品の国内生産及び利用	>0.0009
製品の使用に伴う低含有率物質 (火力発電所)	>0.0044
廃棄物処理	>0.018
魚アラの処理廃液	0.061
合計	>0.20

10. 土壌への排出量

(1) 下水汚泥の緑農地利用に伴う土壌への排出量

下水汚泥の一部がコンポスト等として緑農地利用されていることから、表10-1に挙げた副産物に含まれる水銀量を、土壌への排出量として計上することとした。

表10-1：緑農地利用される副産物の内訳及び水銀含有量

項目	緑農地利用量		水銀含有量		水銀量 (t-Hg)
	乾燥重量 (t/年) 注1	(年)	(mg/kg-dry)	注2	
コンポスト	239,951	2009	0.4	*1	0.10
機械乾燥汚泥	30,721	2009	0.3	*2	0.009
脱水汚泥	27,476	2009	0.4	*3	0.011
焼却灰	11,974	2009			注3
炭化汚泥	3,692	2009	0.3	*2	0.0011
その他	1,195	2009	0.4	*3	0.0005
合計	315,009	2009			0.12

(注1) 緑農地利用量の出典：国土交通省による調査結果

(注2) 水銀含有量の出典：農林水産省；汚泥肥料中の重金属管理手引書（平成22年8月）（平成15～21年度までの立入検査結果の水銀含有量加重平均値（グラフから読み取り））

*1...発酵汚泥肥料の水銀含有量加重平均値、*2...焼成汚泥肥料の水銀含有量加重平均値

*3...下水汚泥肥料の水銀含有量加重平均値

(注3) 下水汚泥焼却施設の焼却灰については、7.(3)で整理した。

下水汚泥の再利用量の水銀濃度に関する留意点

下水汚泥を原料とする肥料については、肥料取締法により以下のように水銀含有量の許容値が定められている。再利用されるコンポスト等の水銀含有量は0.3～0.4ppmであり、この基準を満たしている。

表10-2：肥料取締法における下水汚泥を原料とする肥料の含有を許される水銀の最大値

肥料の種類	許容含有量（最大値）	備考
下水汚泥肥料 混合汚泥肥料 焼成汚泥肥料 汚泥発酵肥料	水銀：2ppm	有害成分の量は、農林水産省農業環境技術研究所法により定量した有害成分の重量の資料を摂氏100度で5時間乾燥したものの重量に対する百分率とする

(2) 溶融スラグの有効利用に伴う土壌への排出量

用語の定義

溶融スラグ

燃焼熱や電気から得られた熱エネルギー等によって、おおむね1,200以上の高温条件下で加熱し、被溶融物中の有機物を熱分解、ガス化及び燃焼し、無機物を溶融した後、冷却固化し、得られたガラス質又は結晶質の固化物。

一般廃棄物由来の溶融スラグ（一廃由来スラグ）

一般廃棄物、下水汚泥又はそれらの焼却灰を溶融固化した溶融スラグ。

産業廃棄物を含む溶融スラグ（産廃由来スラグ）

産業廃棄物又は産業廃棄物と一般廃棄物の混合物及びそれらの焼却残さを溶融固化した溶融スラグ。

溶融スラグの国内生産量及び水銀含有量

全国産業廃棄物連合会実施の平成 20 年度調査²⁸において、溶融スラグの平成 18 年度生産量が把握されている。また、環境省実施の平成 23 年度調査²⁹において、溶融スラグ中の水銀含有量³⁰が計測されている。これらをまとめたものは以下のとおりである。

表 10 - 3 : 溶融スラグの国内生産量に含まれる水銀量

	溶融スラグ生産量	水銀含有量	生産量中の水銀量
一般廃棄物由来	770 千トン	< 0.01mg/kg-dry	< 7.7kg-Hg
産業廃棄物由来	270 千トン	< 0.01mg/kg-dry	< 2.7kg-Hg
合計	1,040 千トン		< 10.4kg-Hg

* 産業技術総合研究所による我が国の土壌中の水銀濃度データ³¹（2007 年調査、測定地点 3024 箇所）のうち、水銀濃度が 10ppm を超える 4 箇所を除いた 3020 地点の平均水銀濃度は 0.1ppm である。溶融スラグの水銀濃度は<0.01ppm (mg/kg-dry) であり、土壌の水銀濃度を下回る数値である。

溶融スラグの有効利用率及び用途

溶融スラグの有効利用率は約 90%であり、コンクリート製品やアスファルト混合物の骨材等の代替材として利用されている³²。一般廃棄物由来の溶融スラグの再資源化量については、環境省による一般廃棄物処理状況調査³³において把握されている（平成 22 年度実績）。産業廃棄物由来の溶融スラグの再資源化量については、全国産業廃棄物連合会の調査により把握されている。これらを踏まえ、有効利用される溶融スラグに含まれる水銀量は以下のとおりである。

表 10 - 4 : 溶融スラグの有効利用量に含まれる水銀量

	有効利用される溶融スラグ量 (千トン)	有効利用される溶融スラグに 含まれる水銀量 (kg-Hg)
一般廃棄物由来	557	< 5.6
産業廃棄物由来	186	< 1.9
合計	743	< 7.4

溶融スラグの有効利用に伴う土壌への水銀排出量

道路路盤材やアスファルト材などのように土壌に混合又は直接敷き詰めるような用途については、本推計においては土壌への排出として扱う。このため、溶融スラグの有効利用に伴う土壌への排出量は以下のとおりである。

廃棄物焼却で発生する溶融スラグの有効利用に伴う土壌への排出量：< 0.0074 t-Hg

²⁸ 「産業廃棄物由来溶融スラグ JIS 化にかかる調査報告書（平成 20 年度）」（平成 21 年 3 月）

²⁹ 「平成 23 年度廃棄物処理施設等からの水銀等排出状況調査業務報告書」（平成 24 年 3 月）

³⁰ JIS A 5032, JIS A 5031 では溶融スラグに係る含有量基準を「総水銀 15mg/kg 以下」と定めているが、生産工程において 1200 以上という高温条件で加熱しているため、水銀はほとんど検出されない。

³¹ <http://riodb02.ibase.aist.go.jp/geochemmap/data/download.htm>

³² 平成 18 年 7 月には道路用材・コンクリート用骨材としての溶融スラグの JIS が制定されている。

JIS A 5032 一般廃棄物、下水汚泥又はそれらの焼却灰を溶融固化した道路用溶融スラグ

JIS A 5031 一般廃棄物、下水汚泥又はそれらの焼却灰を溶融固化したコンクリート用溶融スラグ骨材

³³ 「平成 22 年度一般廃棄物処理状況調査」http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/h22/index.html

(3) 土壌への排出量

本章(1)(2)及び7.(3)、8.(4)より、土壌への水銀排出量は以下のとおりである。

表10-5：土壌への排出量

排出源	水銀量 (t-Hg)
コンポストの緑農地利用	0.12
廃棄物焼却で発生する溶融スラグの有効利用	<0.0074
下水汚泥焼却 土壌排出量	<0.01
原燃料の工業利用 土壌への排出量	0.20
合計	0.34

11. 大気への排出量

環境省水・大気環境局大気環境課による平成24年度「水銀大気排出インベントリー調査」において、大気への排出量について、表11-1のように推計された（詳細については、「水銀大気排出インベントリー（平成22年度ベース）」に記載）。

表11-1 「水銀大気排出インベントリー（平成22年度ベース）」

分類	項目	大気排出量(t/年) ¹	小計(t/年)	
条約対象	石炭火力発電所	0.83 - 1.0	11 - 16	
	石炭焚き産業ボイラ	0.21		
	非鉄金属製造施設	0.94		
	廃棄物焼却施設	一般廃棄物焼却施設		1.3 - 1.9
		産業廃棄物焼却施設		0.73 - 4.1
		下水汚泥焼却施設 ²		0.17 - 0.85
セメント製造施設	6.9			
条約対象外	鉄鋼製造施設	一次製鉄施設	4.1	4.9
		二次製鉄施設	0.62	
	石油精製施設	0.1		
	石油・ガス生産施設	<0.001		
	石油等の燃焼	石油火力発電施設	0.01	
		LNG火力発電所	0.001	
		産業用ボイラ(石油系)	0.003	
		産業ボイラ(ガス系)	0.02	
	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	塩素アルカリ製造施設	N.O.	
		塩化ビニルモノマー製造施設	N.O.	
		ポリウレタン製造施設	N.O.	
		ナトリウムメチラード製造施設	N.O.	
		アセトアルデヒド製造施設	N.O.	
		ビニルアセテート製造施設	N.O.	
	水銀添加製品製造施設	バッテリー製造施設 ⁴	0	
		水銀スイッチ製造施設	N.E.	
		水銀リレー製造施設	N.E.	
		ランプ類製造施設 ⁵	0.01	
		石鹸及び化粧品製造施設	N.O.	
		殺虫剤及び殺生物剤(農薬)製造	N.O.	
		水銀式血圧計製造施設	N.E.	
		水銀式体温計製造施設	N.E.	
		歯科用水銀アマルガム製造施設	0.0004	
チメロサール製造施設		N.E.		
銀朱製造施設		N.E.		
その他 ⁸		石灰製品製造	1.0	1.5
	パルプ・製紙(黒液)	0.23		
	カーボンブラック製造	0.11		
	蛍光灯回収・破砕	0.000005 - 0.000006		
	火葬	0.07		
	運輸 ⁶	0.07		

		廃棄物の中間処理施設 ⁷	N.E.	
		水銀回収施設(蛍光灯を除く)	N.E.	
自然由来	火山		>1.4	>1.4
合計 (自然由来を除く)				19 - 24 (17 - 22)

1 N.E.は Not Estimated, N.O.は Not Occurring 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では既に水銀は用いられていない

4 我が国においてボタン型電池のみの製造に水銀が用いられているが、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ため 0 とした。

5 一般蛍光灯、バックライト、HID ランプを含む

6 対象は燃料由来のガソリン及び軽油

7 廃棄物焼却処理を除く

8 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

12. 水銀の国内出荷量

資源エネルギー庁の非鉄金属需給等統計によると、2010年度の水銀の出荷量及び年度末在庫量は以下のとおりである。

表12-1：水銀の出荷量

水銀	量 (t/年)	期間	備考
		2010FY	販売業者の出荷量

*2010年度末(3月)の在庫量は、消費者：6.9トン、販売業者：「実績なし」。

なお、上記の水銀出荷量は販売業者の出荷量の合計量を示しているため、仲介業者を経由した水銀量が重複して計上されている可能性がある。このため、この統計値については、本マテリアルフローにおいて参考値として取り扱うこととする。