

水銀廃棄物の環境上適正な管理に関する

検討報告書

平成 26 年 3 月

水銀廃棄物に関する環境上適正な管理に関する検討会

水銀の回収・処分に関するワーキンググループ

目次

1.	はじめに	1
1.1	検討の背景.....	1
1.2	検討体制.....	1
2.	水俣条約における水銀廃棄物	3
2.1	水俣条約の概要.....	3
2.2	水俣条約における水銀廃棄物の環境上適正な管理.....	4
2.2.1	水銀廃棄物に関する条約の規定.....	4
2.2.2	バーゼル条約技術ガイドラインの内容.....	5
3.	我が国における水銀廃棄物の現状と今後の見通し	8
3.1	我が国における水銀廃棄物の現状.....	8
3.2	廃金属水銀・水銀汚染物の現状と今後の見通し.....	9
3.2.1	現行の廃棄物処理法の規制.....	9
3.2.2	廃金属水銀・水銀汚染物の排出状況の概観、条約発効後の状況の見通し.....	12
3.2.3	主要な排出源別状況.....	15
3.3	水銀添加廃製品の現状と今後の見通し.....	22
3.3.1	現行の廃棄物処理法の規制.....	22
3.3.2	水銀添加廃製品の排出状況の概観、条約発効後の状況の見通し.....	24
3.3.3	主要な水銀添加製品の種別別状況.....	28
4.	水銀廃棄物の環境上適正な管理に関する検討課題	55
4.1	廃金属水銀の管理に関する検討課題.....	55
4.1.1	再生水銀の利用状況及び輸出状況のレビュー、将来見通し.....	55
4.1.2	バーゼル条約技術ガイドラインのレビュー.....	59
4.1.3	廃金属水銀の運搬・保管方法.....	60
4.1.4	安定化・固型化技術の試験結果の整理と評価.....	65
4.1.5	廃金属水銀の最終処分方法の整理.....	69
4.1.6	我が国の水銀排出量の将来予測と水銀処理能力.....	71
4.2	水銀汚染物の管理に関する課題.....	77

4.2.1	バーゼル条約技術ガイドラインのレビュー	77
4.2.2	水銀溶出量と含有量の関係	78
4.2.3	高濃度水銀汚染物の処理方法.....	83
4.3	水銀添加廃製品の管理に関する課題	84
4.3.1	バーゼル条約技術ガイドラインのレビュー	84
4.3.2	取扱いに特に注意が必要な廃製品の抽出.....	87
4.3.3	廃製品の回収スキームに関する国内外の事例のレビュー、課題の整理	88
4.3.4	中間処理方法に関する国内外の情報のレビュー	103
4.4	水銀廃棄物の処理コストの試算	106
4.4.1	試算方法	106
4.4.2	処理コスト試算結果	112
5.	水銀廃棄物の環境上適正な管理のあり方に関する基本的考え方	115
5.1	廃金属水銀の管理の考え方	115
5.2	水銀汚染物の管理の考え方	115
5.3	水銀添加廃製品の管理の考え方	115
6.	今後の課題	118
6.1	廃金属水銀の管理.....	118
6.2	水銀汚染物の管理.....	118
6.3	水銀添加廃製品の管理.....	118

参考資料

1. 水銀を含む排出物のフローの算定根拠
2. 他国における廃金属水銀の運搬、保管、処分方法
3. 金属水銀安定化・固型化物の劣化試験
4. 水銀添加廃製品の排出量推計の詳細
5. 他国における水銀汚染物の中間処理・埋立処分基準
6. 他国における水銀添加製品の回収・リサイクルシステム

1. はじめに

1.1 検討の背景

2013年10月に採択された水銀に関する水俣条約（以下「水俣条約」という。）では、水銀廃棄物に関する条項を設けられ、締約国に対し、バーゼル条約に基づいて作成された指針（ガイドライン）を考慮し、締約国会議が採択する追加の附属書の要件に従って、環境上適正な方法で管理することを義務付けている。

我が国では、水銀を含む汚泥、燃え殻等は、廃棄物処理法に従い、溶出基準を満たすように処理して管理型最終処分場、又は固型化して遮断型最終処分場に処分することとされている。一方、金属水銀は、これまで貴重な資源として利用されてきており、廃棄物として処理されることを想定していなかった。しかし、今後、水俣条約により、水銀の使用用途等が制限されることに伴い、廃棄物として取り扱われるような水銀及び水銀含有廃棄物がでてくることが想定されるため、これら水銀廃棄物を環境上適正に処理することが求められる。

このため、環境省では平成22年度から水銀の回収及び処分に関する研究会を、平成23年度から水銀廃棄物の環境上適正な管理に関する検討会を設けて、制度的及び技術的検討を行ってきた。本報告書では、これらの検討を踏まえて、水銀廃棄物の環境上適正な管理の在り方について、水銀廃棄物の排出実態を踏まえ、基本的な考え方を整理する。

1.2 検討体制

環境省業務内において設置された次の2つの検討会及びワーキンググループにおいて、現状把握、論点整理を行った。

(1) 平成25年度水銀廃棄物の環境上適正な管理に関する検討会

(五十音順、敬称略)

石垣 智基 国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター 廃棄物適正処理処分研究室
主任研究員

貴田 晶子 愛媛大学 農学部 環境計測研究室 客員教授

◎ 高岡 昌輝 京都大学大学院 地球環境学堂 地球益学廊 教授

高橋 史武 東京工業大学大学院 総合理工学研究科 准教授

水谷 聡 大阪市立大学大学院 工学研究科 准教授

◎：座長

オブザーバー：

藤原 悌（野村興産株式会社 常務取締役）

改田 耕一（産業廃棄物処理事業振興財団 企画調査部長）

(2) 平成 25 年度水銀の回収・処分に関するワーキンググループ

(五十音順、敬称略)

- ◎ 大塚 直 早稲田大学大学院 法務研究科(法科大学院) 教授
- 下村 英嗣 広島修道大学 人間環境学部 人間環境学科 教授
- 高岡 昌輝 京都大学大学院 地球環境学堂 地球益学廊 教授
- 宮脇 健太郎 明星大学 理工学部総合理工学科 (環境・生態学系) 教授
- 山下 英俊 一橋大学 経済学研究科 准教授
- 吉田 文和 北海道大学大学院 経済学研究科 教授
- 和田 博夫 北海道 環境生活部 環境局循環型社会推進課 廃棄物指導グループ主幹

◎ : 座長

2. 水俣条約における水銀廃棄物

2.1 水俣条約の概要

水俣条約は、先進国と途上国が協力して、水銀の供給、使用、排出、廃棄等の各段階で総合的な対策に世界的に取り組むことにより、水銀の人為的な排出を削減し、越境汚染をはじめとする地球規模の水銀汚染の防止を目指すものである。

条約の構成は、以下のように、前文、序論に続き、水銀をライフサイクルで管理するという観点から、一次鉱出の規制や貿易に関して規定した第3条（供給及び貿易）から始まり、水銀を使用した製品（第4条）及び製造プロセスの規制（第5条）、製品と製造プロセスに関する例外措置（第6条）、人力小規模金採掘における水銀使用の削減（第7条）、水銀の大気への排出の削減（第8条）、水及び土壌への放出の削減（第9条）、廃棄物以外の水銀及び水銀化合物の環境上適正な暫定的な保管（第10条）、水銀廃棄物の環境上適正な管理（第11条）、水銀に汚染された土地の特定及び修復（第12条）に関する締約国の義務や望ましい取組を示している。また、これらの取組の実施にあたって必要となる資金供与の制度（第13条）が設置され、能力構築・技術支援及び移転（第14条）を推進する協力体制も設定された。さらに、条約の実施にあたって、水銀の健康に関する側面（第16条）についても、具体的な取組が奨励されており、締約国間での関連する情報交換（第17条）、一般市民のための情報提供や啓発及び教育活動（第18条）、研究開発及びモニタリング（第19条）の推進が掲げられている。

表 2.1.1 水俣条約の構成

前文	
序論	目的、定義
供給及び貿易	水銀の供給源及び貿易
製品と製造プロセス	水銀添加製品（電池、計測機器（体温計、血圧計を含む）、照明器具、電気スイッチ、歯科用アマルガムなど）、水銀使用製造プロセス、締約国の要請に基づく適用除外
人力小規模金採掘	人力小規模金採掘（ASGM）
排出及び放出	大気への排出、水及び土壌への放出
保管、廃棄物等	環境上適正な暫定的保管、 <u>水銀廃棄物</u> 、汚染サイト
資金・技術支援	資金源及び資金メカニズム、技術支援、委員会
普及啓発、研究等	情報交換、公衆の情報・注意喚起と教育、研究・開発とモニタリング、健康的側面、実施計画、報告、有効性の評価

2.2 水俣条約における水銀廃棄物の環境上適正な管理

2.2.1 水銀廃棄物に関する条約の規定

水俣条約では、水銀廃棄物を以下のように規定している（第 11 条 2）。条約の規制対象となる水銀廃棄物を特定する水銀及び水銀化合物の基準値は今後締約国会議で定められるが、「国内法による処分が義務づけられているもの」を含んでいるように、基本的には、締約国における廃棄物の定義を踏まえるものとなっている。

今後、締約国会議で決定される閾値にもよるが、我が国の場合、汚泥や燃え殻等のうち、水銀を 0.005mg/l を超えて溶出する廃棄物は特別な処理が必要なことから、国内的には、当該溶出基準を閾値と解する可能性が高い。

【第 11 条 2】

この条約の適用上、「水銀廃棄物」とは、締約国会議がバーゼル条約の関連機関との協力の下に調和のとれた方法で定める適切な基準値を超える量の次の物質又は物体であって、処分され、処分が意図され、又は国内法若しくはこの条約の規定による処分が義務づけられているものをいう。

- (a) 水銀又は水銀化合物から成る物質又は物体
- (b) 水銀又は水銀化合物を含む物質又は物体
- (c) 水銀又は水銀化合物に汚染された物質又は物体

この定義は、締約国会議が定める基準値を超える水銀又は水銀化合物を含まない限り、採取された表土、捨石及び尾鉱（水銀の一次採掘によるものを除く。）を除く。

また、締約国には、水銀廃棄物を以下のように取り扱うことが求められている（第 11 条 3）。環境上適正な管理について、第 11 条 3 (a) で言及されているバーゼル条約の下で作成されたガイドラインは複数あるが、最も関係の深いものは「バーゼル条約水銀廃棄物の環境上適正な管理に関する技術ガイドライン（以下「バーゼル条約技術ガイドライン」という。）」であり、附属書に掲げられる環境上適正な管理のための要件は、今後締約国会議で採択されることになる。

【第 11 条 3】

締約国は、水銀廃棄物が次のように取り扱われるために適当な措置をとる。

- (a) バーゼル条約に基づいて作成された指針を考慮し、かつ、第 27 条の規定に従って締約国会議が採択する追加の附属書の要件に従い、環境上適正な方法で管理すること。締約国会議は、要件を策定するに当たり、締約国の廃棄物管理のための規制及び計画を考慮する。
- (b) この条約によって締約国に許可される用途又は(a)の規定に基づく環境上適正な処分のためにのみ、回収され、再生利用され、回収利用され、又は直接再利用されること。
- (c) バーゼル条約の締約国については、この条の規定及びバーゼル条約に適合する環境上適正な処分を目的とする場合を除くほか、国境を越えて運搬されないこと。バーゼル条約が国境を越える輸送について適用されない場合には、締約国は、関連する国際的な規則、基準、指針を考慮した後に限り、このような輸送を許可する。

2.2.2 バーゼル条約技術ガイドラインの内容

バーゼル条約技術ガイドラインは、2011年10月に開催されたバーゼル条約第10回締約国会合で採択された。水俣条約の採択を受けて現在見直しが行われており、2015年の締約国会議で修正版が採択される予定である。

バーゼル条約技術ガイドラインは、バーゼル条約上も法的拘束力を有するものではなく、また水銀条約上も「考慮する」ものと位置づけられており、各国が条約を実施する上での参考、目安となるものである。

バーゼル条約技術ガイドラインの構成及び主な記載内容は以下のとおりである。

表 2.2.1 バーゼル条約技術ガイドラインの構成と記載内容

見出し		記載内容
III 水銀廃棄物の環境上適正な管理に関するガイダンス		
A 一般的概念		
1	バーゼル条約	バーゼル条約の下での ESM の定義
2	OECD	OECD が採択した Core Performance Elements for the of ESM of Wastes for Government and Industry の概要
3	水銀のライフサイクル管理	ライフサイクル管理という概念の紹介
B 法規制の枠組み		
1	水銀廃棄物排出者の登録	水銀廃棄物の大規模排出者の登録の奨励。登録時に必要な情報項目、定期的な情報更新の必要性、排出者の義務。
2	製品および工業プロセスにおける水銀の削減及び段階的廃止	削減及び段階的廃止が最も効果的な方法の一つ。製品製造の段階的廃止に関する法的枠組みとしての EU の RoHS 指令、電池指令の紹介
3	越境移動に関する必要事項	バーゼル条約下での水銀含有廃棄物（有害廃棄物）の越境移動に係る必要事項
4	処理処分施設の許可と検査	水銀廃棄物の処理処分施設の許可の重要性、既存ガイドラインの紹介、定期的検査の必要性
C 特定とインベントリー		
1	水銀廃棄物の特定	既存文献に基づく、水銀廃棄物の発生源と種類の整理 (Table2)
2	インベントリー	環境中への水銀排出量の推計の基本的事項、UNEP の開発したインベントリー作成のツールキットの紹介、インベントリーに基づいた優先事項の設定、PRTR の活用
D サンプルング、分析、モニタリング		
1	サンプルング	サンプルング標準確立の重要性、試料の種類
2	分析	廃棄物、排ガス、排水中の水銀の化学分析の方法を整理 (Table3)
3	モニタリング	モニタリング結果による適正管理の確認
E 水銀廃棄物の発生抑制と最小化		
1	工業プロセスにおける水銀廃棄物の発生抑制及び最小化	
a	人力小規模金採掘	人力小規模金採掘に適用可能な水銀フリー技術についての情報源情報
b	VCM 製造	水銀フリー技術の紹介、水銀含有廃棄物発生抑制の方法

見出し		記載内容	
	c	塩素アルカリ製造	水銀フリー技術の紹介、水銀含有廃棄物発生抑制の方法に関する情報源情報
2	水銀添加製品の水銀廃棄物の発生抑制及び最小化		
	a	水銀フリー製品	水銀フリー製品に関する情報源情報の紹介
	b	製品中水銀規制値の設定	水銀フリー製品への移行期間における水銀規制値設定の奨励
	c	購入活動	購入における大口消費者の役割の重要性、経済インセンティブ事例
3	EPR		EPR の概念の説明、事例としての EU における WEEE 指令の紹介
F 水銀廃棄物の取り扱い、回収、梱包、ラベリング、一時保管、運搬			
1	取り扱い		破損等の防止及び他の廃棄物との混合禁止の重要性、歯科医院での歯科用アマルガムの分別回収・責任あるリサイクル業者の選択・アマルガム阻集器の設置・従業員の教育
2	分別		ESM において分別はカギとなる点、回収プログラム実施の際の留意点、分別における表示の重要性及び事例
3	回収		廃棄物水銀の適切な容器への梱包、水銀含有廃製品の回収、廃製品の引き取り制度、水銀汚染廃棄物の分別回収
4	梱包及びラベリング		水銀廃棄物の発生源又は公共の回収拠点から廃棄物処理施設への運搬時には、有害廃棄物又は危険物運搬規制に応じた梱包、表示
5	運搬		国あるいは地方政府の許可を受けた運搬業者の利用、運搬業者の義務、運搬機材、緊急時対応の概要
6	保管		運搬前の一時保管、処分作業前の一次保管の技術要件（特に金属水銀廃棄物の保管）
G 環境上適正な処分			
1	回収作業		前処理、水銀及び水銀化合物のリサイクル・回収、水銀精製に関する技術の概要
2	金属水銀の回収につながらない作業		物理化学処理技術の紹介、specially engineered landfill の受入基準及び技術要件の概要、永久保管施設（地下施設）の事例及び関連情報源情報
H 廃棄物の熱処理及び処分からの水銀放出の削減			
1	廃棄物の熱処理からの水銀放出の削減		水銀廃棄物の混入防止の重要性、排ガス処理施設選択における留意点、排ガス処理技術の具体例、処理技術に関する情報源情報
2	埋立処分場からの水銀放出の削減		3 つの経路（表面、浸出水、処分場ガス）の紹介、覆土の重要性、処分場ガスの捕捉システム
I 汚染サイト修復			
1	汚染サイトの特定及び緊急時対応		特定方法の概要、関連文献の紹介
2	環境上適正な修復		修復技術選択の留意点、関連文献の紹介

見出し		記載内容
J	健康と安全	雇用者の心得、関連ガイドラインの紹介、水銀添加製品の廃棄物取扱場所での注意の重要性、廃棄物処理施設における従業員教育の重要性及び主要項目
K	緊急時対応	
	1	緊急対応計画
	2	金属水銀の漏出への留意
L	人々の意識と参加	意識啓発及び参加の重要性、意識啓発及び参加プログラムの事例、水銀廃棄物に関する環境教育プログラムの構成要素

3. 我が国における水銀廃棄物の現状と今後の見通し

3.1 我が国における水銀廃棄物の現状

我が国において発生する水銀廃棄物は、条約上の分類と同様、大きく分けて廃金属水銀、水銀汚染物、水銀添加廃製品の3つに分類される。廃金属水銀については、排出段階で金属水銀の状態であるものと、水銀を含む汚泥や製品等から回収されたものが考えられるが、通常、精製して有価物として取り扱われている。既存文献、関係事業者や業界団体へのヒアリング調査結果によると、それぞれの具体例は以下のとおりである。

表 3.1.1 我が国において発生する水銀廃棄物の具体例

水銀廃棄物の分類	水銀廃棄物の具体例
廃金属水銀	(1) ポロシメーターに使用された水銀、廃試薬、排ガス処理施設から回収された水銀 (2) 水銀汚染物や水銀添加廃製品から回収された水銀
水銀汚染物	水銀を含む汚泥、焼却残さ（燃え殻、ばいじん）
水銀添加廃製品	ボタン形電池、医療用計測器類、工業用計測器類、電球類、水銀スイッチ・リレー、歯科用水銀アマルガム、ワクチン保存剤（チメロサル）、無機薬品

我が国における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によると、年間60～70トンの廃水銀（現在、有価物として取り扱われているものを含む。）が発生していると推計され、このうち約50トンの水銀（廃金属水銀由来が約9トン、水銀汚染物由来が約40トン、水銀添加廃製品由来が約7トン）が回収・再生され、そのほとんどが輸出されている（図3.1.1参照）。非鉄金属製錬の排ガス処理工程から排出されるスラッジ（現在は有用金属を含有する有価物として取り扱われている。）由来の水銀が回収水銀の約8割を占めている。

なお、当該マテリアルフローは、水銀廃棄物の排出事業者へのヒアリング調査、及び産業廃棄物の処理事業者へのアンケート調査の結果に基づく数値を積算したものであり、全ての量を網羅したものではない。また、このほか、使用中あるいは使用していないが廃棄されていない水銀添加製品（市中保有分）が存在する。

¹ http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=21803&hou_id=16475

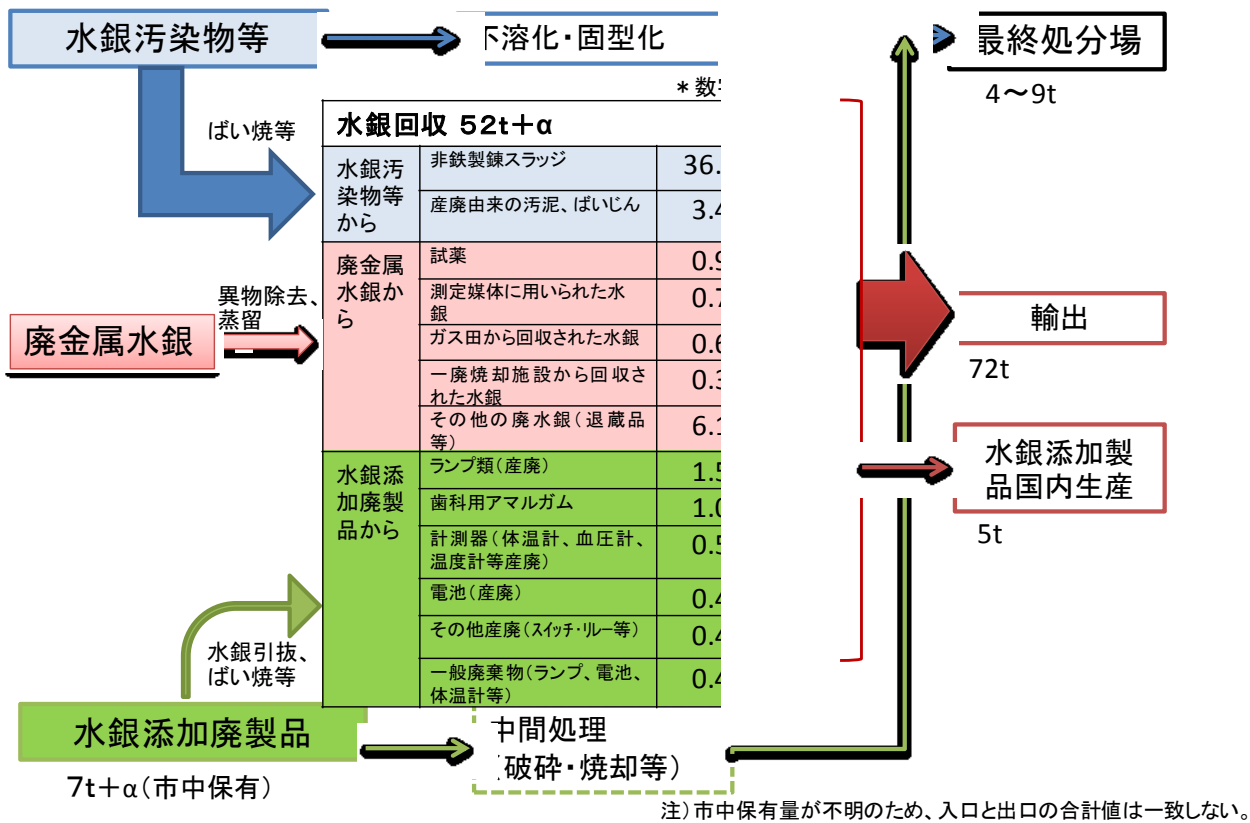


図 3.1.1 日本における廃棄物等に含まれる水銀のフロー（2010 年度ベース）

3.2 廃金属水銀・水銀汚染物の現状と今後の見通し

3.2.1 現行の廃棄物処理法の規制

水銀廃棄物の定義及び環境上適正な管理に関する廃棄物処理法の規定としては、以下がある。

表 3.2.1 水銀廃棄物の環境上適正な管理に関する関連法令（廃棄物処理法関連）

法令名	条項	規定事項
廃棄物の処理及び清掃に関する法律	第2条第1項	定義（廃棄物）
	第2条第2項、第3項、第4項、第5項	定義（一般廃棄物、特別管理廃棄物、産業廃棄物、特別管理産業廃棄物）
	第6条の2第2項、第3項	市町村の処理等
	第10条	一般廃棄物の輸出
	第12条	事業者の処理
	第12条の2	事業者の特別管理産業廃棄物に係る処理
	第15条の4の5	産業廃棄物の輸入及び輸出
	第15条の4の7	準用
第18条	報告の徴収	
廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令	第1条、別表第一	特別管理一般廃棄物
	第2条の4第5号ホ、ト、ニ	特別管理産業廃棄物

法令名	条項	規定事項
	第3条	一般廃棄物の収集、運搬、処分等の基準
	第4条の2	特別管理一般廃棄物の収集、運搬、処分等の基準
	第6条	産業廃棄物の収集、運搬、処分等の基準
	第6条の5	特別管理産業廃棄物の収集、運搬、処分等の基準
廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行規則	第1条の2第6号、8号、26号	令第2条の4の環境省令で定める基準等
	第4条	一般廃棄物処理施設の技術上の基準
	第4条の5	一般廃棄物処理施設の維持管理の技術上の基準
	第8条	産業廃棄物保管基準
	第8条の13	特別管理産業廃棄物保管基準
	第12条、第12条の2	産業廃棄物処理施設の技術上の基準
	第12条の6、第12条の7	産業廃棄物処理施設の維持管理の技術上の基準
金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令	第1条、別表第一	産業廃棄物の埋立処分に係る判定基準
金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令	第3条、別表第五、別表第六	特別管理産業廃棄物の埋立処分に係る判定基準

(1) 廃棄物の分類

廃金属水銀・水銀汚染物は、現行の廃棄物処理法上、排出源や水銀溶出量に基づき、一般廃棄物、特別管理一般廃棄物、産業廃棄物、特別管理産業廃棄物（特定有害産業廃棄物）に分類される。

表 3.2.2 廃金属水銀及び水銀汚染物の現行の廃棄物処理法上の分類

水銀廃棄物	具体例	現行の廃棄物処理法上の分類
廃金属水銀		(金属水銀及び水銀化合物は、有価物として取引されているため、一般的には廃棄物に該当しない)
水銀汚染物	能力5トン/日以上的一般廃棄物焼却施設から発生するばいじん(集じん機で集められたもの)	特別管理一般廃棄物
	能力5トン/日未満の一般廃棄物焼却施設から発生するばいじん	一般廃棄物
	鉍さい、ばいじん、汚泥及びそれらの処理物* (廃酸・廃アルカリを除く)	溶出試験の検液中水銀濃度0.005mg/L超の場合：特別管理産業廃棄物(特定有害産業廃棄物) 0.005mg/L以下の場合：産業廃棄物
	鉍さい、ばいじん、汚泥の処理物* (廃酸・廃アルカリの場合) 廃酸・廃アルカリ及びそれらの処理物* (廃酸・廃アルカリの場合)	水銀濃度0.05mg/L超の場合：特別管理産業廃棄物(特定有害産業廃棄物) 0.05mg/L以下の場合：産業廃棄物

水銀廃棄物	具体例	現行の廃棄物処理法上の分類
	燃え殻、特定の施設以外から排出されたばいじん、汚泥、廃酸、廃アルカリ、その他の産業廃棄物で水銀に汚染されているもの	産業廃棄物
	鉱業の実施により生じた水銀に汚染された捨石、土砂、鉱さい、沈殿物、燃え殻、廃油、廃酸、廃アルカリ、ばいじん等、それらの処理物	溶出試験の検液中水銀濃度0.005mg/L超の捨石、鉱さい、沈殿物、ばいじん及びこれらの処理物：有害鉱業廃棄物、それ以外：鉱業廃棄物

*ばいじん、汚泥、廃酸、廃アルカリについては、特定の施設において生じたものに限る。

**なお、水銀に汚染された土壌は、廃棄物処理法上の廃棄物に該当しない。溶出試験の検液中水銀濃度0.0005mg/L超、水銀含有量15mg/kgの場合は、土壌汚染対策法の「汚染土壌」に該当する。

(2) 収集・運搬・処分基準

廃棄物処理法においては、廃棄物の分類別（一般廃棄物、特別管理一般廃棄物、産業廃棄物、特別管理産業廃棄物）に収集・運搬・処分基準が規定されている。主な処分基準としては、以下がある。（産業廃棄物の処分に係る基準についてはコラム参照）

表 3.2.3 廃金属水銀及び水銀汚染物の処分に關する現行の廃棄物処理法の規定

廃棄物		処分基準
特別管理一般廃棄物		<ul style="list-style-type: none"> 埋立処分を行ってはならない（施行令第4条の2第3号）。 海洋投入処分を行ってはならない（施行令第4条の2第4号）
産業廃棄物	燃え殻、ばいじん、汚泥（特別管理産業廃棄物に該当するものを除く）	<ul style="list-style-type: none"> 金属等を含む廃棄物の固型化に関する基準（昭和52年03月14日環境庁告示5号）に定める方法で固型化したものを処分する場合、有害な産業廃棄物の処分場所であることを表示（施行令第6条第3号ハ） 燃え殻、ばいじん、汚泥又はこれらを処理したものは、環境省令で定める基準（溶出試験の結果0.005mg/L以下、アルキル水銀不検出）に適合するものにするか、金属等を含む廃棄物の固型化に関する基準に基づき固型化してから埋立処分する（施行令第6条第3号タ）
特別管理産業廃棄物	ばいじん、汚泥（特定施設から排出されたものに限る）（溶出試験の結果0.005mg/L超、又はアルキル水銀検出）	<ul style="list-style-type: none"> 金属等を含む廃棄物の固型化に関する基準（昭和52年03月14日環境庁告示5号）に定める方法で固型化したものを処分する場合、有害な産業廃棄物の処分場所であることを表示（施行令第6条第3号ハ）

廃棄物		処分基準
		<ul style="list-style-type: none"> ばいじん、汚泥又はこれらを処理したものは、環境省令で定める基準（溶出試験の結果 0.005mg/L 以下、アルキル水銀不検出）に適合するものにするか、金属等を含む廃棄物の固型化に関する基準に基づき固型化してから埋立処分する（第 6 条の 5 第 3 号タ）
	廃酸、廃アルカリ（水銀含有量 0.05mg/L 超、又はアルキル水銀を含む）	<ul style="list-style-type: none"> 廃酸又は廃アルカリの処分又は再生は、これらの廃棄物による人の健康又は生活環境に係る被害が生ずるおそれをなくする方法として環境大臣が定める方法により行う（施行令第 6 条の 5 第 2 号ロ）

産業廃棄物の処分基準の考え方

燃え殻、ばいじん、汚泥又はこれらを処理したもので、環境庁告示 13 号（昭和 48 年 2 月 17 日）「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法」を用いて検定を行った結果、検液中の水銀又はその化合物の濃度が 0.005mg/L を超えたものは、管理型処分場ではなく遮断型処分場への処分が義務付けられる。この 0.005mg/L という総水銀濃度は、水質汚濁に係る環境基準（人の健康の保護に関する環境基準）に基づき設定されている。当初の水質汚濁に係る環境基準は、総水銀 0.02mg/L、アルキル水銀 0.001mg/L であったが、その後の測定方法が進歩し、総水銀及びアルキル水銀の定量限界値が 0.0005mg/L となったことから、水銀の生物濃縮を考慮して、総水銀の環境基準が 0.0005mg/L となった。この環境基準に基づき、10 倍の希釈率を適用した値が排水基準として設定されており、0.005mg/L は排水基準と等しい値となっている。

3.2.2 廃金属水銀・水銀汚染物の排出状況の概観、条約発効後の状況の見通し

自治体を通じて把握された水銀含有廃棄物処理の許可をもつ中間処理業者 344 社を対象にしたアンケート調査（有効回答率 36.9%）及び「我が国の水銀に関するマテリアルフロー（2010 年度ベース）」の推計結果等によると、我が国において発生する水銀汚染物等（有価物や水銀含有が低濃度の排出物も含む。）の年間発生量、水銀含有量、水銀回収量は以下のとおりである。なお、記載の数値は現時点で入手した情報に基づき算出・推計した数値を積算したものであり、全ての量を網羅したものではない。

表 3.2.4 我が国において発生する廃金属水銀・水銀汚染物等の中間処理量・水銀回収量

廃製品以外の産業廃棄物等の種類	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	
水銀汚染物等	223,400	615,027	75,717,700	39,576
非鉄金属製錬スラッジ	0	0	659,030	36,202
スラッジ（汚泥、スラリー等）	215,417	252,481	1,708,160	3,229

廃製品以外の産業廃棄物等の種類	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	
ダスト (ばいじん)	0	0	73,323,000	142
汚染土壌	0	0	34,000	1.5
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
試薬 (廃金属水銀以外)	44	75	0	0
廃金属水銀			8,656	8,656
廃試薬			—	909
ポロシメーター等に用いられた水銀			—	685
ガス田から回収された水銀			—	646
一廃焼却炉から回収された水銀			—	308
その他 (退蔵品等)			—	6,108

また、水銀の排出が見込まれる業界団体ヒアリングにより、水銀を含む排出物の水銀濃度と処理方法について調査を行ったところ、水銀を一定量 (概ね 10,000ppm 以上) 含む排出物からは水銀回収が行われており、水銀含有量が微量の排出物 (概ね 10ppm 未満) は、埋立処分されている傾向が把握された。水銀が回収される水銀含有排出物は、以下のとおり約 920 トン程度である。

表 3.2.5 水銀回収される水銀含有排出物 (排出源別)

	水銀含有排出物	年間発生量	水銀濃度	水銀溶出試験結果	水銀回収量
非鉄金属製錬施設	排ガス処理スラッジ	659 トン	0.5%~30% 程度 (55,000 ppm*)	不明 (0.005mg/L 超)	36.2 t-Hg
原油天然ガス生産施設	セパレータ・タンクからのスラッジ、沈砂槽からのスラッジ、水銀吸着剤	263 トン以下 (排水処理スラッジ分を除く)	8,400ppm 以上*	35mg/L	2.2t-Hg
	セパレータ・タンクからのスラッジ (把握分)	16 トン	43,000ppm*	不明	0.71 t-Hg

* : 水銀濃度は排出物発生量と水銀回収量から事務局が推計した値

また、各排出源から最終処分される水銀含有排出物は以下のとおり約 755 万トン程度であり、ほぼ全ての廃棄物が水銀溶出基準 0.005mg/L を下回っていた。溶出基準を上回る汚染物としては、一般廃棄物焼却施設の焼却残さの一部と石炭火力発電所から排出される汚泥のごく一部が確認された。

表 3.2.6 最終処分される水銀含有排出物（排出源別）

	水銀含有排出物	年間処分量	水銀濃度	年間処分量に含まれる水銀量	処分先
一 廃 焼 却	焼却残さ	347 万トン	2.6～5.4 ppm*	9.1～18.7 t-Hg	管理型処分場
産 廃 焼 却	燃え殻	151 万トン	微量		管理型処分場
	ばいじん	145 万トン	0.46～2.6 ppm*	0.67～3.8 t-Hg	管理型処分場
非 鉄 金 属 製 錬	鉍滓類	10 万トン	1 ppm 未満	0.05 t-Hg 未満	管理型（廃掃法）
		9.5 トン	1 ppm 未満	0.05 t-Hg 未満	管理型（保安法）
	排水澱物	2,082 トン	0.8～160 ppm*	0.34 t-Hg	管理型（廃掃法）
		2,527 トン+ 50,183m ³	同上	0.59 t-Hg	管理型（保安法）
	小計			1.0 t-Hg 程度	
石 炭 火 力 発 電 所 ^{注1}	石炭灰	41 万トン	平均 0.154 ppm	0.064 t-Hg	管理型処分場
	脱硫石膏	0.2 万トン	平均 0.478 ppm	0.0008 t-Hg	管理型処分場
	汚泥	8.2 万トン	平均 6.81 ppm	0.55 t-Hg	管理型処分場（一部、遮断型処分場に処分）
	小計			0.61 t-Hg	
下 水 汚 泥 焼 却	飛灰	45 万トン	0.11～0.51 ppm*	0.05～0.23 t-Hg	管理型処分場
二 次 製 鉄	集塵機ダスト	4.4 万トン	2.0 ppm	0.088 t-Hg	コンクリート固化後、管理型処分場に処分 ^{注2}
一 次 製 鉄	湿式集塵湿ダスト	0.4 万トン	0.716 ppm	0.0030 t-Hg	管理型処分場
	脱硫汚泥	0.4 万トン	8.34 ppm	0.037 t-Hg	管理型処分場
	小計			0.04 t-Hg	
石 炭 焚 き 産 業 用 ボ イ ラ	石炭灰	1.4 万トン	0.154 ppm	0.0020 t-Hg	管理型処分場
火 葬 場	集塵灰	116 トン	1.68 ppm	0.00019 t-Hg 未満	管理型処分場
	残骨灰	0.16 万トン	0.05 ppm 未満	0.000082 t-Hg 未満	管理型処分場

*：水銀濃度は排出物発生量と水銀回収量から事務局が推計した値

注1：石炭火力発電所の排出物の年間処分量及び年間処分量に含まれる水銀量については、電気事業連合会へのヒアリング調査結果をもとに拡大推計した値。また、水銀濃度は同ヒアリング調査で提供された平均値。汚泥については、ごく一部がコンクリート固化後に遮断型処分場に処分されている。

注2：ダスト中に含有されている水銀の溶出量は、基本的に特別管理産業廃棄物の判定基準未満であるが、それ以外の含有物質が同基準を満たすことにより、特別管理産業廃棄物として取り扱われている。

水銀含有排出物の排出状況に関する条約の影響については、ヒアリングの結果、水銀を含有する原料に変更はなく、排出物の水銀濃度も溶出基準を大きく下回ることから、条約上の「水銀廃棄物」に該当せず、副産物のリサイクルルートに変更がない限り、条約の影響は特段考えられないとの回答が主流であった。一方、水銀濃度の高い副産物を排出する非鉄金属製錬業界は、水銀含有スラッジに銅、鉛等の有用金属が含まれることから、条約発効後も委託製錬によるスラッジからの水銀回収、及びスラッジの製錬工程への再利用という処理ルートに変更はないとしながらも、これまで売却していた回収水銀を今

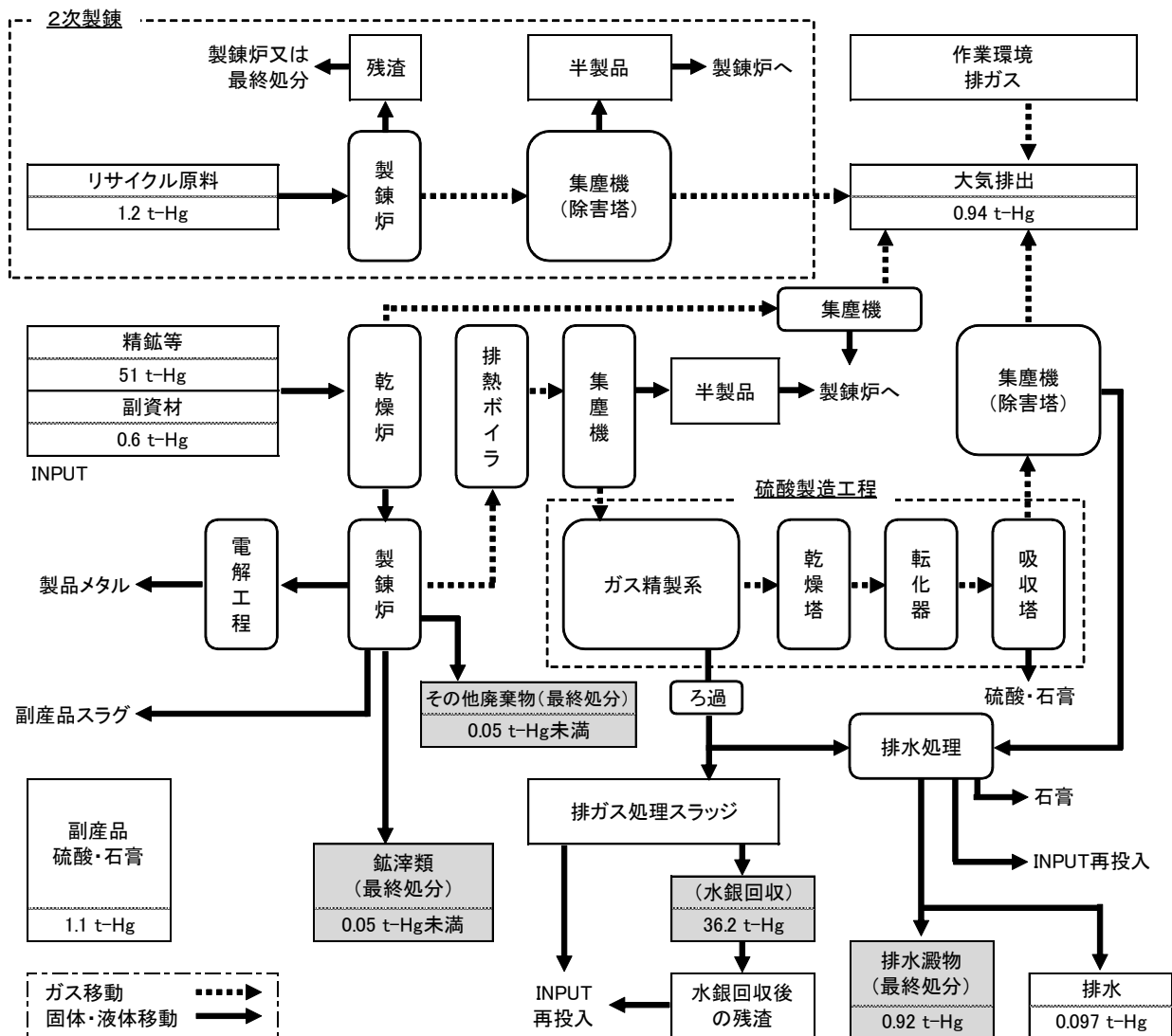
後処分することとなった場合の処理費用の負担増加について懸念を示していた。

3.2.3 主要な排出源別状況

各排出源について、水銀を含む排出物のフロー図を示す。排出フロー算出の根拠は参考資料1に示す。なお、フロー図中の投入量と排出量は個別に推計しているため、数値の整合がとれていない場合がある。また、水銀回収が行われるもの、最終処分されるものは、フロー図中網掛けで示している。

(1) 非鉄金属製錬施設

非鉄金属製錬施設の2010年度の排出フローは以下のとおりである。

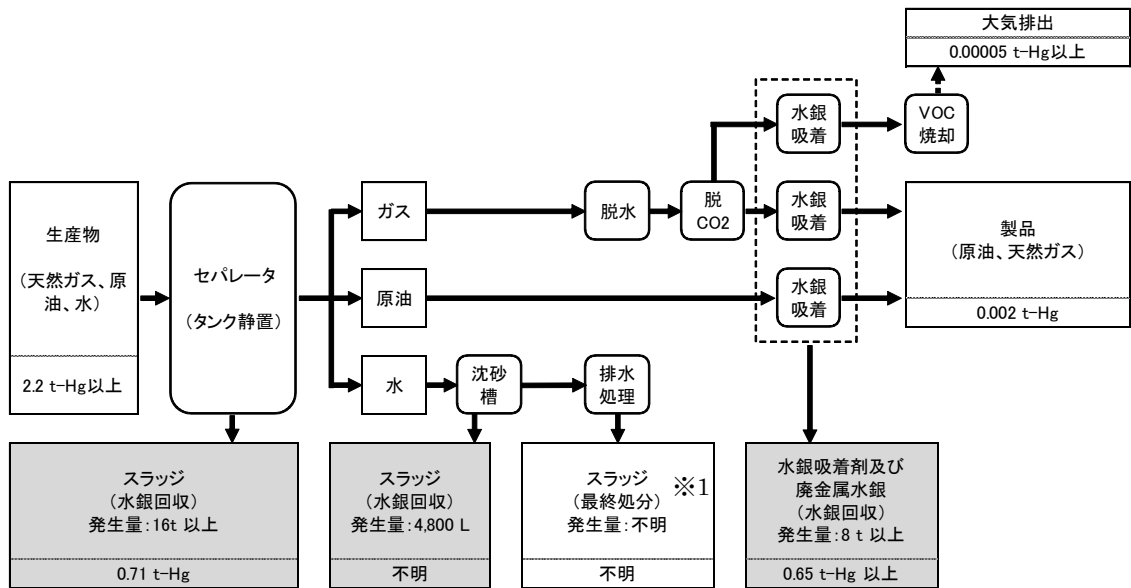


*フロー及びフロー内数値：日本鉱業協会への平成25年度ヒアリング調査結果

図 3.2.1 非鉄金属製錬施設の排出フロー

(2) 原油・天然ガス生産施設

原油・天然ガス生産施設の2010年度の排出フローは以下のとおりである。



*水銀を含む排出物: セパレータ・タンクからのスラッジ、排水処理スラッジ、水銀吸着剤の3項目合計で258トン以上、水銀含有量2.2 t-Hg以上

フロー: 国内主要企業3社への平成25年度ヒアリング調査結果をもとに作成

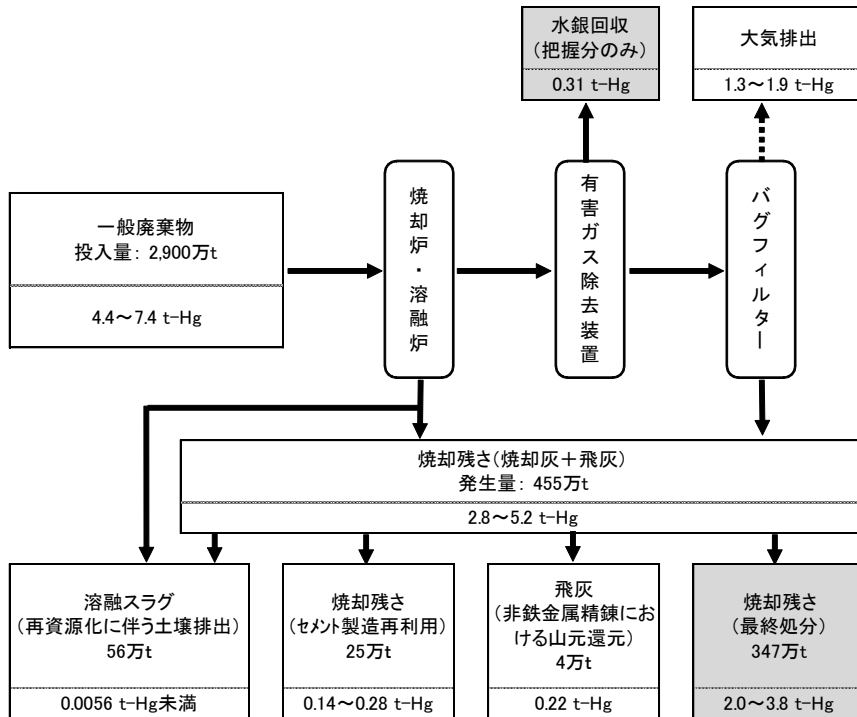
フロー内数値: 「我が国の水銀に関するマテリアルフロー (2010年度ベース)」調査結果をベースに平成25年度調査結果を用いて更新。なお、水銀を含む排出物の発生量及び水銀含有量は国内企業3社のヒアリング回答を足し合わせた数値。

※1: 排水処理スラッジの水銀含有量は微量。

図 3.2.2 原油・天然ガス生産施設の排出フロー

(3) 一般廃棄物焼却施設

一般廃棄物焼却施設の2010年度の排出フローは以下のとおりである。



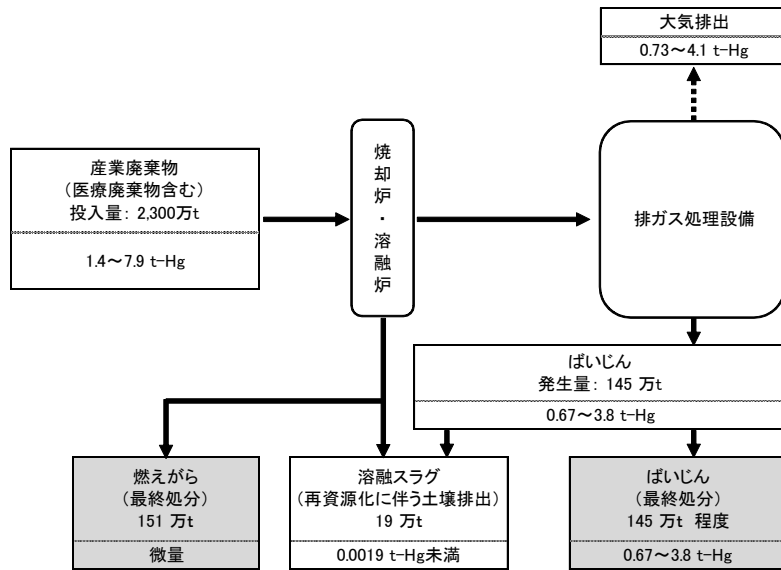
*フロー: 一般廃棄物処理事業者への平成23年度ヒアリング結果をもとに作成

*フロー内数値: 「我が国の水銀に関するマテリアルフロー (2010年度ベース)」作成における推計結果

図 3.2.3 一般廃棄物焼却施設の排出フロー

(4) 産業廃棄物焼却施設

産業廃棄物焼却施設の2010年度の排出フローは以下のとおりである。



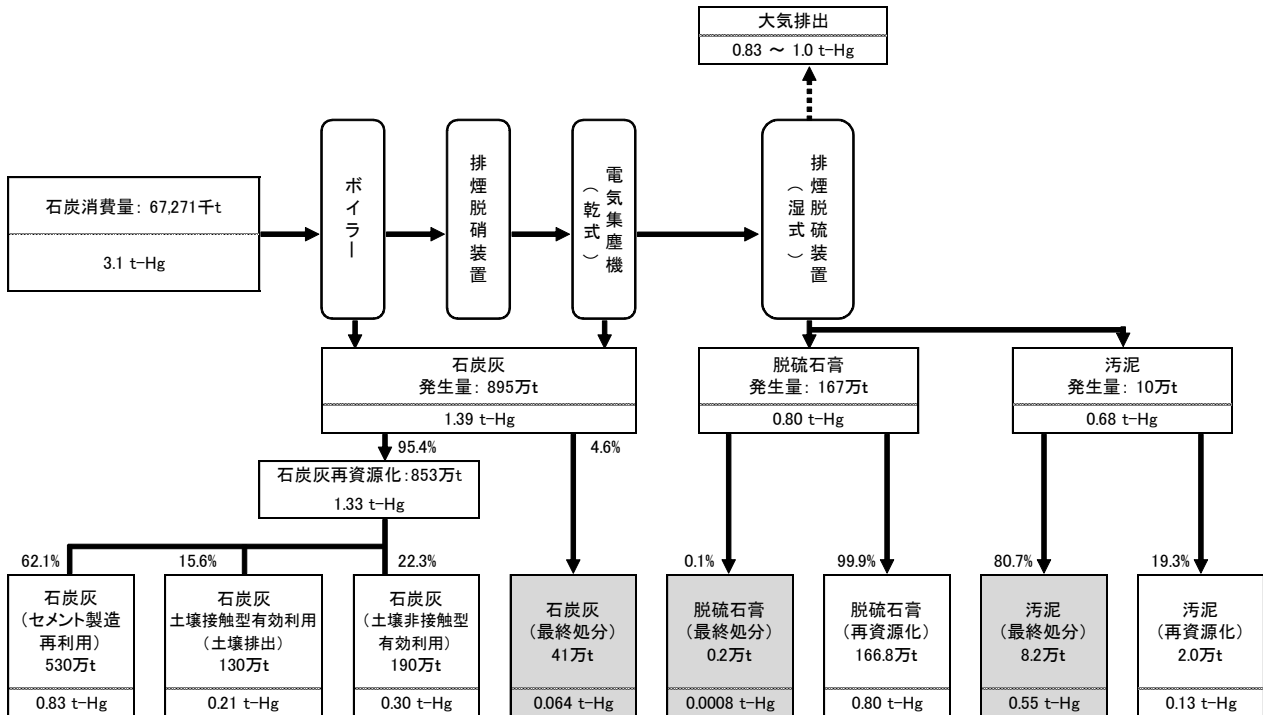
*フロー：産業廃棄物処理事業者への平成23年度ヒアリング調査結果をもとに作成

*フロー内数値：「我が国の水銀に関するマテリアルフロー（2010年度ベース）」調査結果をベースに平成25年度調査結果を用いて更新。排出物発生量は「平成25年度産業廃棄物処理状況調査結果（環境省）」を参照

図 3.2.4 産業廃棄物焼却施設の排出フロー

(5) 石炭火力発電所

石炭火力発電所の2010年度の排出フローは以下のとおりである。



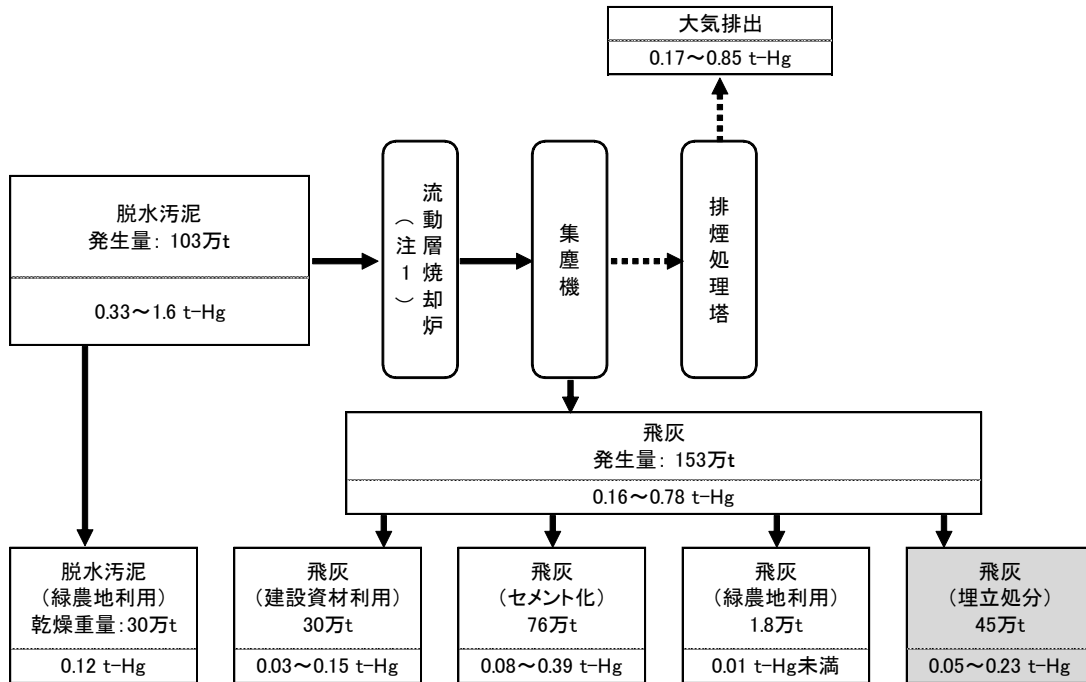
*フロー：電気事業連合会への平成23年度ヒアリング調査結果をもとに作成

*フロー内数値：電気事業連合会への平成25年度ヒアリング調査結果をベースに、石炭灰全国実態調査報告書の数値を用いて拡大推計

図 3.2.5 石炭火力発電所の排出フロー

(6) 下水汚泥焼却施設

下水汚泥焼却施設の 2010 年度の排出フローは以下のとおりである。



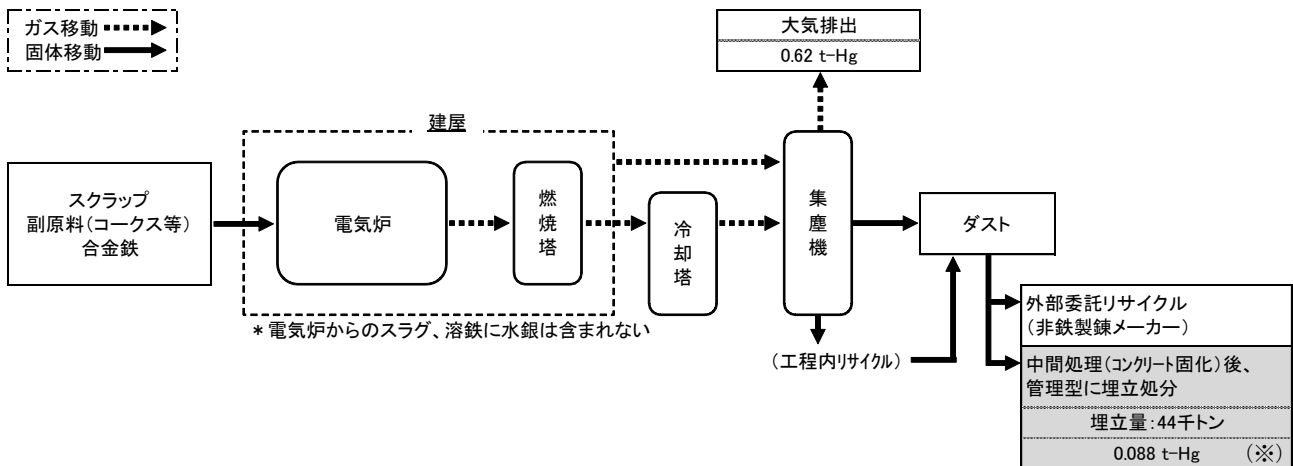
フロー：東京都下水道局ホームページをもとに作成

フロー内数値：「我が国の水銀に関するマテリアルフロー（2010年度ベース）」調査結果をベースに平成25年度調査結果を用いて更新

図 3.2.6 下水汚泥焼却施設の排出フロー

(7) 二次製鉄プラント

二次製鉄プラントの 2010 年度の排出フローは以下のとおりである。



フロー：日本鉄鋼連盟への平成25年度ヒアリング調査結果

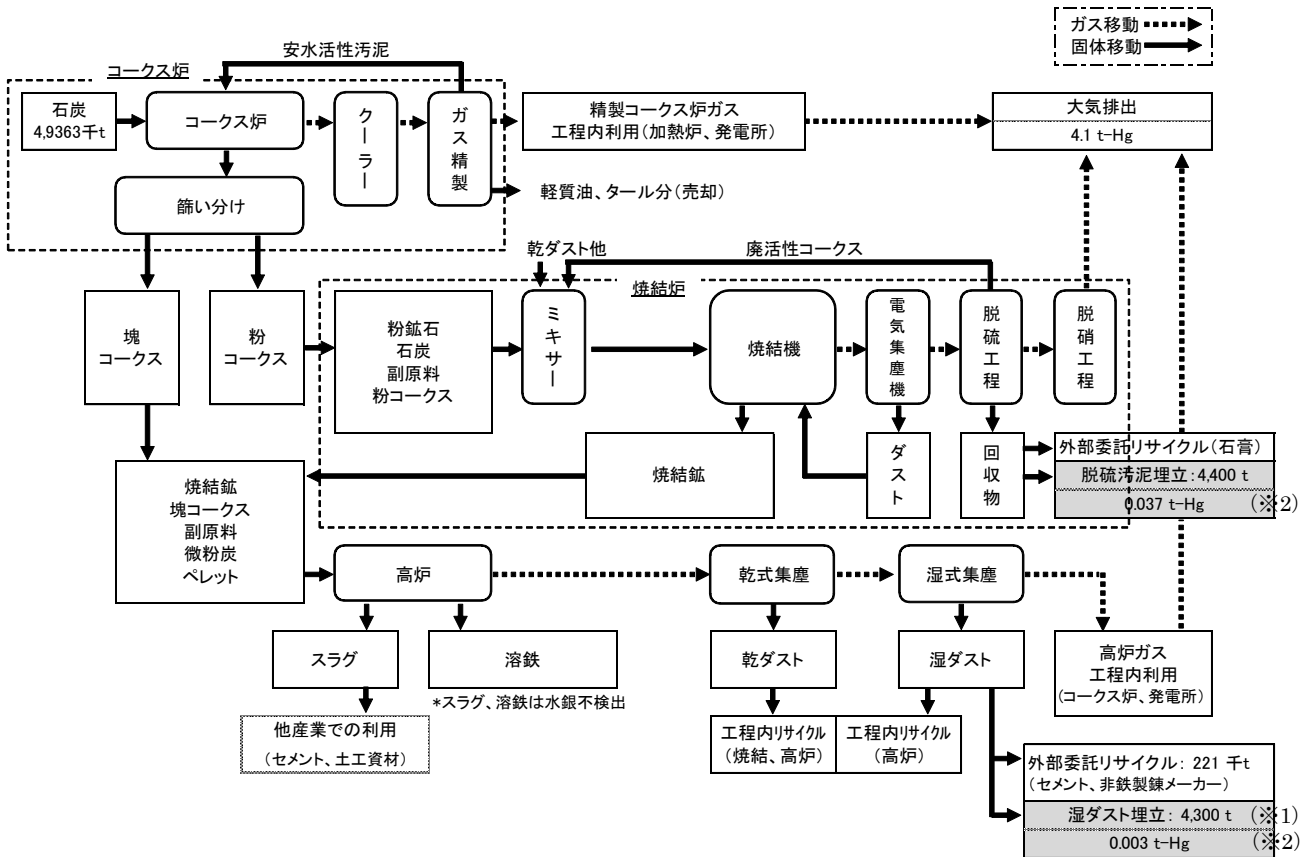
フロー内数値：「我が国の水銀に関するマテリアルフロー（2010年度ベース）」調査結果、日本鉄鋼連盟への平成25年度ヒアリング調査結果

※ 対象物中の水銀含有濃度は、日本鉄鋼連盟の自主調査結果を用いた。但し、同調査は一部のメーカーにて実施されたものであり、サンプル数は限定的 (n=19) であることに留意する必要がある。

図 3.2.7 二次製鉄プラントの排出フロー

(8) 一次製鉄プラント

一次製鉄プラントの2010年度の排出フローは以下のとおりである。



フロー：日本鉄鋼連盟への平成25年度ヒアリング調査結果

フロー内数値：「我が国の水銀に関するマテリアルフロー（2010年度ベース）」調査結果、日本鉄鋼連盟への平成25年度ヒアリング調査結果

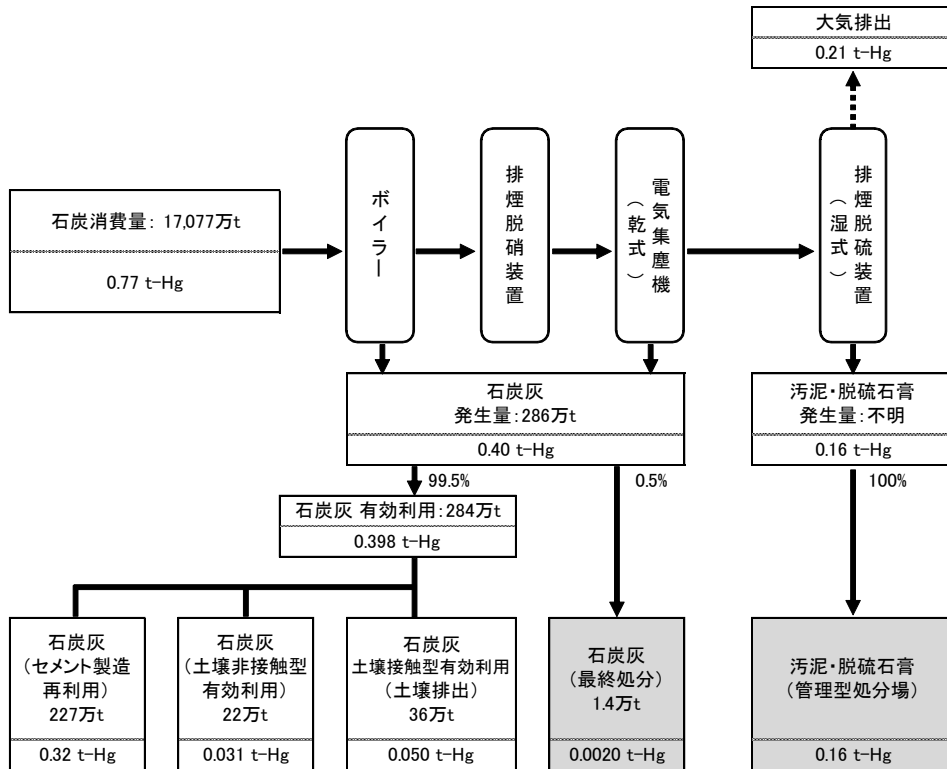
※1：2010年度は一過性の埋立処分が行われたが、現在ではプロセス内リサイクルの推進等により、定常的な最終処分は行われていない。

※2：対象物中の水銀含有濃度は、公益財団法人鉄鋼環境基金の助成研究成果報告書「鉄鋼業における水銀排出挙動」（高岡昌輝・大下和徹：2007）に記載のデータを用いた（サンプル数はn=1ないしn=3）。

図 3.2.8 一次製鉄プラントの排出フロー

(9) 石炭焼き産業用ボイラ

石炭焼き産業用ボイラの2010年度の排出フローは以下のとおりである。



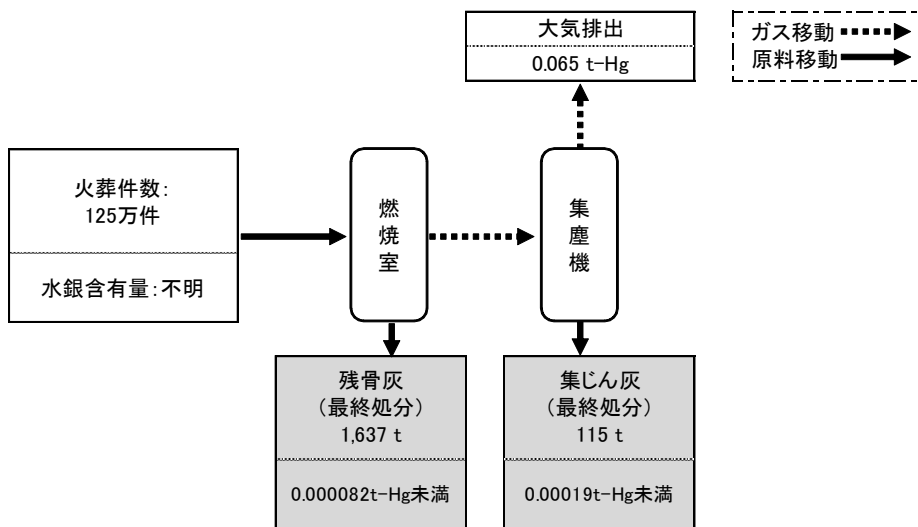
*フロー：日本ボイラ協会への平成23年度ヒアリング調査結果をもとに作成

*フロー内数値：「我が国の水銀に関するマテリアルフロー（2010年度ベース）」調査結果をベースに、石炭灰全国実態調査報告書（平成21年度実績）を用いて数値を更新

図 3.2.9 石炭焼き産業用ボイラの排出フロー

(10) 火葬場

火葬場の2010年度の排出フローは以下のとおりである。

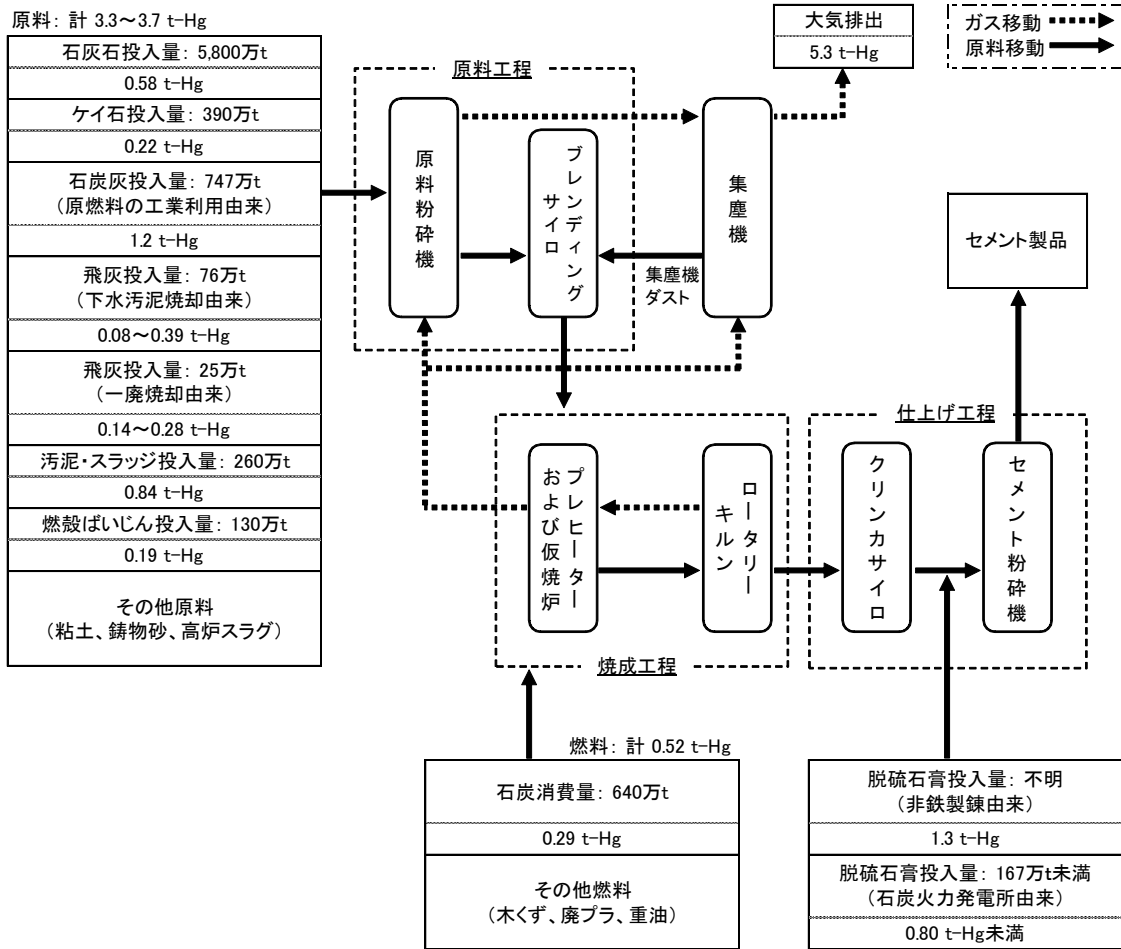


フロー及びフロー内数値：「火葬場における有害化学物質の排出実態調査及び抑制対策に関する研究 平成20年度～平成21年度 総合研究報告書」を参照

図 3.2.10 火葬場の排出フロー

(11) セメント製造施設

セメント製造施設の2010年度の排出フローは以下のとおりである。

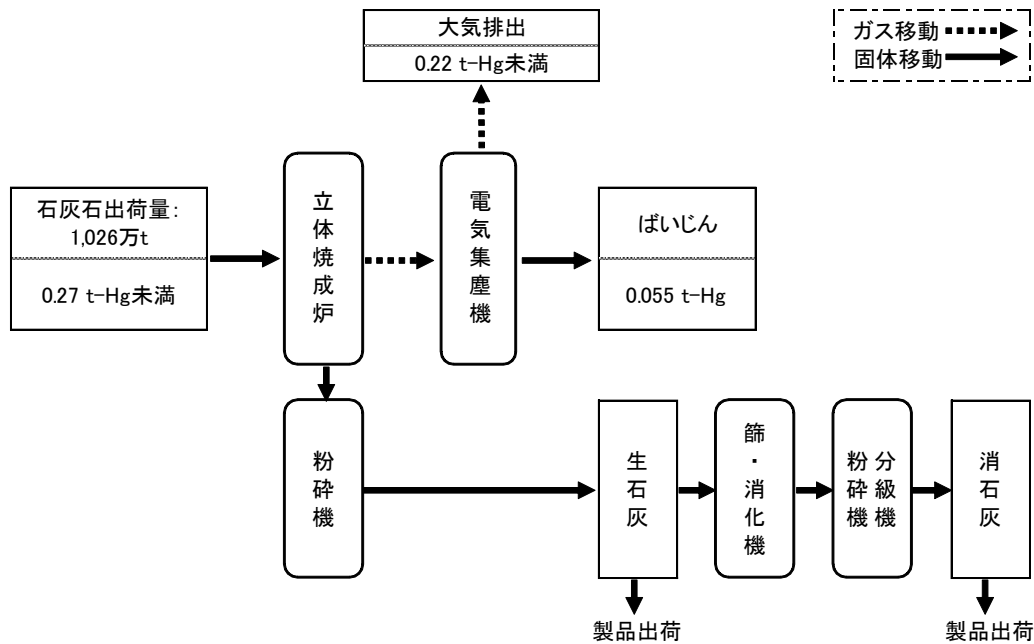


フロー: セメント協会ホームページ及び事業者へのヒアリングをもとに作成
 フロー内数値: 「我が国の水銀に関するマテリアルフロー (2010年度ベース)」調査結果をベースに平成25年度調査結果を用いて更新

図 3.2.11 セメント製造施設の排出フロー

(12) 石灰製品製造施設

石灰製品製造施設の 2010 年度の排出フローは以下のとおりである。



フロー内数値：「我が国の水銀に関するマテリアルフロー（2010 年度ベース）」調査結果をベースに平成 25 年度調査結果を用いて更新

注：電気集塵機で捕集されるばいじんの処分方法は不明。

図 3.2.12 石灰製品製造施設の排出フロー

3.3 水銀添加廃製品の現状と今後の見通し

3.3.1 現行の廃棄物処理法の規制

(1) 廃棄物の分類

水銀添加廃製品は、現行の廃棄物処理法上、家庭から排出されたものは一般廃棄物とみなされ、事業活動に伴って排出された産業廃棄物は、そのものの性状によって判断される。例えば、蛍光管は金属くず、ガラスくず等の混合物として取り扱われる。

表 3.3.1 水銀添加廃製品の現行の廃棄物処理法上の分類

水銀廃棄物	具体例	現行の廃棄物処理法上の分類
水銀添加廃製品	工業用計量器（水銀温度計、水銀湿度計、基準液中水銀圧力計、高温用ダイヤフラムシール圧力計）	産業廃棄物
	医療用計測器（水銀体温計、水銀血圧計）	<製造工程から発生する不良品等> 産業廃棄物
	水銀含有電池（ボタン形電池）	
	電気スイッチ・リレー	<使用済製品>
	電球類（蛍光ランプ、HID ランプ）	家庭から発生する場合：一般廃棄物 事業所から発生する場合：産業廃棄物

水銀廃棄物	具体例	現行の廃棄物処理法上の分類
	歯科用水銀（使用されずに歯科医院から廃棄されるもの）、排水トラップで回収された歯科用アマルガム	産業廃棄物
	医薬品（使用されずに医療機関から廃棄されるもの）	産業廃棄物 ²

（２） 収集・運搬・処分基準

廃棄物処理法においては、廃棄物の分類別（一般廃棄物、産業廃棄物）に収集・運搬・処分基準が規定されている。水銀添加廃製品に関わる処分基準としては、以下がある。

表 3.3.2 水銀添加廃製品の処分に関する現行の廃棄物処理法の規定

水銀添加製品を含む廃棄物	廃棄物処理法の規定	関連規定
液晶テレビ（水銀又はその化合物を含む蛍光管を含むもの）	<ul style="list-style-type: none"> 特定家庭用機器一般廃棄物（特定家庭用機器再商品化法（平成十年法律第九十七号）第二条第五項に規定する特定家庭用機器廃棄物のうち一般廃棄物をいう。次号トにおいて同じ。）の再生又は処分を行う場合には、環境大臣が定める方法により行うこと（施行令第3条第2号へ） 特定家庭用機器一般廃棄物の埋立処分を行う場合には、あらかじめ、前号への規定により再生し、又は処分すること（施行令第3条第3号ト） 	<p><特定家庭用機器一般廃棄物及び特定家庭用機器産業廃棄物の再生又は処分の方法として環境大臣が定める方法></p> <p>蛍光管のうち水銀又はその化合物（以下「水銀等」という。）を含むものについて、次のとおりとする。</p> <ol style="list-style-type: none"> 破砕設備を用いて破砕するとともに、破砕に伴って生ずる汚泥又はばいじんについても(2)又は(3)のいずれかの方法により処理する方法。 薬剤処理設備を用いて十分な量の薬剤と均質に練り混ぜ、水銀等が溶出しないよう化学的に安定した状態にする方法。 ばい焼設備を用いてばい焼するとともに、ばい焼により発生する水銀ガスを回収する設備を用いて当該水銀ガスを回収する方法。
自動車	—	<p><使用済自動車の再資源化等に関する法律施行規則></p> <p>使用済自動車から鉛蓄電池、リチウムイオン電池、ニッケル・水素電池、タイヤ、廃油、廃液及び室内照明用の蛍光灯（以下「鉛蓄電池等」という。）を回収し、技術的かつ経済的に可能な範囲で、当該鉛蓄電池等の再資源化</p>

² 特別管理産業廃棄物に該当する水銀濃度を有するものもあるが、病院、倉庫などは特別管理産業廃棄物の発生源に指定されていないため、特別管理産業廃棄物には分類されない。

水銀添加製品を含む廃棄物	廃棄物処理法の規定	関連規定
		を自ら行うか、又は当該再資源化を業として行うことができる者に当該鉛蓄電池等を引き渡すこと（第9条第2号）。

3.3.2 水銀添加廃製品の排出状況の概観、条約発効後の状況の見通し

水銀添加廃製品から水銀が回収されていることが確認できた廃製品の量と水銀回収量は以下のとおりである。アンケート調査に回答した産業廃棄物処理業者が水銀回収を行った量の積算値であり、全国推計値ではない。

表 3.3.3 水銀回収が確認された水銀添加廃製品の回収量と水銀回収量（平成 22 年度）

製品	一般廃棄物回収量（水銀回収量）	産業廃棄物回収量（水銀回収量）
蛍光ランプ	5,147 トン（204kg） 全国推計 1.2 万トン*	8,000 トン（1,487kg）
電池	11,200 トン（193kg） 全国推計 2 万トン*	1,163 トン（326kg）
計測器	0.3 トン（21kg）	9.4 トン（503kg）

*一般廃棄物回収量の全国推計は、計測器を除いて自治体アンケート結果（「平成 23 年度平成 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」）による。計測器は、産業廃棄物処理業者に対するアンケート調査（環境省「平成 24 年度水銀に関する国際的な法的枠組み検討調査業務」）で把握された処理量であり、全国推計値ではない。

表 3.3.4 に、水銀添加製品の種類別に用途、水銀年間使用量、水銀含有量、水銀回収量、代替化の動向、条約上の扱い、運搬時の水銀飛散性、処理方法（水銀回収の有無）に整理した。

表 3.3.4 水銀添加製品の一覧（用途、水銀年間使用量、水銀含有量、水銀回収量、代替化の動向、条約上の扱い、運搬時の水銀飛散性、処理方法）

水銀添加製品			用途（廃製品の排出源）	水銀年間使用量		水銀含有量	水銀回収量 注1	代替化の動向 注2	条約上の扱い		運搬時の水銀飛散性 注3	処理方法〔水銀回収の有無 注5〕	
1. 電池	ボタン形電池	酸化銀電池		(2010年)	注釈				根拠	注4		注5	
						腕時計等（一般家庭、事業所、ボタン電池回収協力店）	0.378 t	国内生産量（暦年）			0.1 wt%		【産廃】0.36t 【一廃】0.19t
			アルカリボタン電池	0.103t		0.2 wt%		国内では2020年までに無水銀化の予定。ただし、安価な海外メーカーのシェアが極めて高い	段階的廃止	附属書A第I部	低		
			空気亜鉛電池	0.515t		0.3 wt%		代替化困難	段階的廃止（水銀含有量による除外規定あり）	附属書A第I部	低		
	乾電池		一般家庭、事業所	0 t	国内生産量	0%		国内では代替済み	段階的廃止	附属書A第I部	低	<ul style="list-style-type: none"> 多くの市町村が分別回収（全都清ルート／他）〔水銀回収：全都清ルートは有り。その他は不明〕 小型家電リサイクル法〔水銀回収：不明〕 	<ul style="list-style-type: none"> 金属くず、汚泥として回収〔水銀回収：有り〕
2. 計測器	工業用計測器	ガラス製水銀温度計	工場、医療施設、商業ビル、環境測定業者等	0.38 t	国内生産量（暦年）	3.7 g/本	【産廃】0.50t 【一廃】0.02t *分析機器を除く	デジタル式温度計で代替可能だが、高精密測定では代替化困難	段階的廃止（非電気式のもの。用途による除外規定あり）	附属書A第I部	高	<ul style="list-style-type: none"> 主にガラスくずとして回収〔水銀回収：有り〕 不良品は製造業者／組合が処理委託〔水銀回収：有り〕 	<ul style="list-style-type: none"> 主にガラスくずとして回収〔水銀回収：有り〕
		水銀充填式温度計	事業所、船舶等	0.36 t	国内生産量（年度）	100 g/台		0～400℃では有機液体で代替可能だが、400～600℃以上の高温域の測定では代替化困難			高		
		高温用ダイヤフラムシール圧力計	化学・繊維・プラスチック等の工場	0.046 t	国内生産量（年度）	40 g/台		シリコンオイルで代替可能だが、高温高圧下の測定では代替化困難			高		
		気圧計	気象観測用（事業所）	0.04 t	国内生産量（年度）	2 kg/台		不明			高		
		流量計		不明			不明	附属書Aの対象外	附属書A第I部	高	不明		
		バルンサー		不明			不明	附属書Aの対象外	附属書A第I部	高	不明		
		基準器	基準液柱型圧力計	計測器校正事業者	0.021 t	国内生産量（年度）	1.5 kg/台		代替品はあるが、操作性等の面で全面切替には不十分	附属書Aの対象外	附属書A(b)		
		ガラス製基準水銀温度計	計測器校正事業者	0.005 t	使用製品中	5 g/本		代替化困難	附属書Aの対象外	附属書A(b)	高		
	分析機器	原子吸光度計及び原子蛍	試験研究施設	不明		不明		代替化困難	附属書Aの対象外	附属書A(b)	中（分解せずに運ぶ場合）	不明	

水銀添加製品		用途（廃製品の排出源）	水銀年間使用量		水銀含有量	水銀回収量注1	代替化の動向注2	条約上の扱い	運搬時の水銀飛散性注3	処理方法〔水銀回収の有無 注5〕		
			(2010年)	注釈						根拠	一廃注4	産廃
	光光度計用水銀ランプ											
	細孔分布測定装置に用いる水銀	試験研究施設	不明		不明		代替化困難	附属書Aの対象外	附属書A(b)	中（分解せずに運ぶ場合）	・廃水銀として回収 〔水銀回収：有り〕	
医療用計測器	体温計	医療施設、教育機関、一般家庭	0t	国内生産量	1.2 g/本		電子体温計への切替が進んでいる	段階的廃止（非電気式のもの。用途による除外規定あり）	附属書A第I部	高	・半数程度の市町村が分別回収 〔水銀回収：有り〕	・ガラスくず、金属くず、廃プラとして回収 〔水銀回収：有り〕 ・不良品は製造業者が処理委託 〔水銀回収：有り〕
	血圧計	医療施設	1.9 t	国内生産量（暦年）	47.6 g/個		電子血圧計への切り替えが進んでいる			高	・一部の市町村が分別回収 〔水銀回収：有り〕	
医療機器	自動腹膜透析装置	医療施設	不明		不明	不明	国内メーカー1社が取り扱っている。代替可能性は検討中。	附属書Aの対象外	附属書A第I部	中（分解せずに運ぶ場合）		不明
3. 電気スイッチ、リレー	冷蔵庫（水銀スイッチ）、エアコン（水銀リレー）	家電リサイクル施設	0 t	国内生産量	数 g/個	【産廃】0.34t	国内では1996年頃以降は不使用	段階的廃止（用途および水銀含有量による除外規定あり）	附属書A第I部	中（分解せずに運ぶ場合）	・家電リサイクル法 〔水銀回収：有り〕	・家電リサイクル法 〔水銀回収：有り〕
	自動車	自動車解体施設	0 t	国内生産量	不明		国内では2003年以降不使用。ただし旧型自動車補修用部品は、代替化困難。				・自動車リサイクル法 〔水銀回収：不明〕	・自動車リサイクル法 〔水銀回収：不明〕
	その他の電気スイッチ、リレーを含む製品	温度センサー・制御装置 保守業者	0 t	国内生産量	6.6 g/個		航空宇宙機器システム地上設備用の制御装置には代替品なし。国内の石油プラント（温度センサー）は水銀フリー化済。					・ガラスくず、金属くず、廃プラ、ガラス・金属・コンクリート・陶器くずとして回収 〔水銀回収：不明〕
4. 電球	蛍光ランプ	一般家庭、事業所	1.7 t	国内生産量（暦年）	6.9 mg/本	【産廃】1.5t 【一廃】0.20t	一般照明用ランプ、バックライト、一部の自動車のヘッドライトは、LED照明が普及中。一部の特殊用途では、代替化困難。	段階的廃止（一般的な照明用のもの。水銀含有量、電力、蛍光体による除外規定あり）	附属書A第I部	高	・市町村が分別回収（全都清ルート/その他） 〔水銀回収：全都清ルートは有り。その他は不明〕 ・自動車リサイクル法 〔水銀回収：不明〕	・ガラスくず、金属くず、ガラスくず・金属くず・廃プラの混合物として回収 〔水銀回収：有り〕 ・自動車リサイクル法（自動車室内照明用） 〔水銀回収：有り〕
	冷陰極蛍光ランプ	液晶テレビに含まれるもの	家電リサイクル施設	0.88 t	国内生産量（暦年）	3.0 mg/本	保守用を除き、LEDに移行。	段階的廃止（電子ディスプレイ用のもの。水銀含有量および長さによる除外規定あり）	附属書A第I部	中（分解せずに運ぶ場合）	・家電リサイクル法 〔水銀回収：有り〕	・家電リサイクル法 〔水銀回収：有り〕
		ノートブック型PC、液晶ディスプレイ装置に含まれるもの	PCリサイクル施設								・資源有効利用促進法 〔水銀回収：有り〕	・資源有効利用促進法 〔水銀回収：有り〕
		上記以外のもの									不明	・蛍光ランプと同様
高圧水銀ランプ	自動車解体施設、工場、街灯管理者	0.46 t 注6	国内生産量（暦年）	47.3 mg/本		自動車用はLED化。メタルハイドランプや高圧ナトリウムランプ	段階的廃止（一般的な照明用のもの）	附属書A第I部	高		・蛍光ランプと同様	

水銀添加製品		用途（廃製品の排出源）	水銀年間使用量		水銀含有量	水銀回収量注1	代替化の動向注2	条約上の扱い	運搬時の水銀飛散性注3	処理方法〔水銀回収の有無注5〕	
			(2010年)	注釈						根拠	一廃注4
							で代替可能				
5. 歯科用アマルガム		歯科医院	0.020 t	歯科用水銀の国内生産量（暦年）	46 wt%	【産廃】0.99t	代替材料が普及している。	附属書A第II部の規定に従って要措置	附属書A第II部	中	・医療廃棄物として処理 ・貴金属業者が回収する場合も有り 〔水銀回収：有り〕
6. 医薬品	ワクチン	チメロサル（防腐剤）	0.000063 t	国内生産量 2009年	0.005 mg/mL	不明	代替防腐剤はあるが、チメロサル含有ワクチンの安全性に関するWHOの指摘あり。	附属書Aの対象外	附属書A(e)	高（ガラス容器に入っている場合）	・医療廃棄物として回収 〔水銀回収：不明〕
	局所用消毒液	マーキュロクロム液	不明		0.42-0.56 w/v%	不明	代替品あり	段階的廃止	附属書A第I部	高（ガラス容器に入っている場合）	不明
7. 塗料	銀朱		1.1 t	国内生産量（年度）		不明	同様な色は別の顔料でも可能。文化的な面では代替化困難。	附属書Aの対象外	附属書A(d)	低	不明
8. 水銀化合物	試薬		0.068 t	国内生産量（年度）		0.91t 注7	標準物質も含めて、試薬は分析に欠かせないことから、代替化困難。	附属書Aの対象外	附属書A(b)	高（ガラス容器に入っている場合）	・汚泥として回収 〔水銀回収：有り〕
9. 灯台用回転灯器		灯台	7.5 t	使用中の63基中		不明	交換のタイミングにあわせて、今後順次代替化	附属書Aの対象外	附属書A第I部	－（金属水銀）	・工事業者が水銀回収・保管

注1 水銀回収量は、産廃中間処理業者へのアンケート調査（平成24年度実施）で把握された数字を集計したものであり、全国推計値ではない。産廃が対象の調査のため、一廃からの水銀回収量は1事業者からのデータにとどまっている。

注2 出典：「平成23年度環境対応技術開発等 水銀等重金属および添加製品等の需給・ライフサイクル等状況調査報告書、平成24年3月、神鋼リサーチ㈱」（局所用消毒液および灯台用回転灯器を除く）

注3 飛散性は「金属水銀が入ったガラス製容器がむき出しの場合など、収集運搬時に明らかに破損しやすいもの：高、堅牢な容器に入っているなど、収集運搬時に明らかに破損しにくいもの：低、それ以外：中」とした。

注4 一般廃棄物の回収スキームとしては、市町村による可燃物または不燃物としての回収があるが、本表には記載していない。

注5 〔水銀回収：有り〕は、回収物の全量が水銀回収されているもの、および、回収物の一部が水銀回収されているものを示す。

注6 HIDランプ（高圧水銀ランプ、メタルハライドランプ、高圧ナトリウムランプの総称）の国内生産量

注7 試薬として明確に区分されているもののみ。

3.3.3 主要な水銀添加製品の種類別状況

(1) 電球類

1) 製品の生産量、水銀含有量及び年間水銀使用量

経済産業省生産動態統計（機械統計）によると、蛍光ランプ類（冷陰極蛍光ランプ含む）の年間生産量は以下のとおりである。

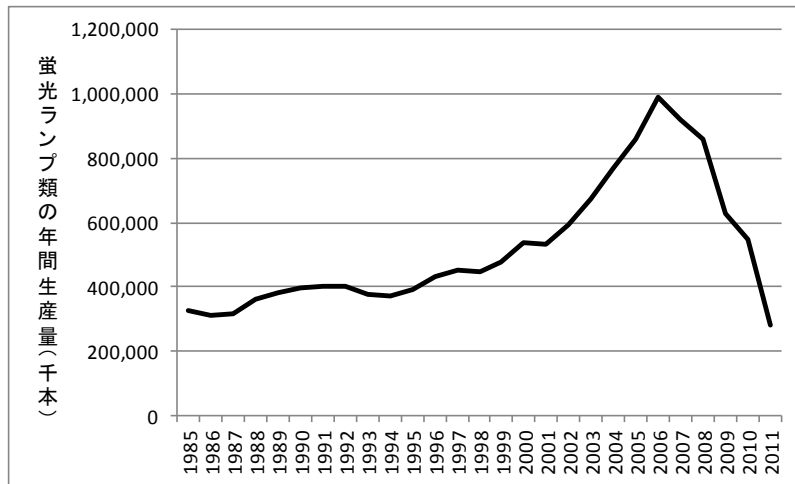


図 3.3.1 蛍光ランプ類（冷陰極蛍光ランプ含む）の年間生産量推移（1985年～2011年）

また、蛍光ランプ1本あたりの平均水銀含有量（原単位）の統計データが日本電球工業会より以下のとおり公表されている。2010年の蛍光ランプの原単位は6.9mgである。水銀ペレット（合金）を用いた水銀の定量封入技術の影響もあり、蛍光ランプの原単位は近年7mg前後で安定傾向である³。

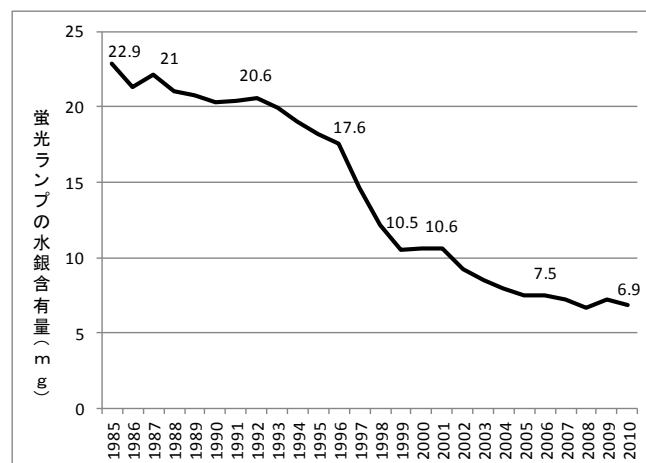


図 3.3.2 蛍光ランプ1本あたりの平均水銀含有量（原単位）⁴

³ 日本電球工業会（現日本照明工業会）に対する平成24年度ヒアリング調査結果より

⁴ 神鋼リサーチ(株)「平成23年度環境対応技術開発等（水銀等重金属及び製品等の需給・ライフサイクル等状況調査）報告書」平成24年3月

冷陰極蛍光ランプの製品1本あたりの平均水銀含有量は、日本電球工業会へのヒアリング結果によると3.0mg/本である。この数値は、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算出されている。

蛍光ランプ類については生産量内訳が不明なため、蛍光ランプ類の年間水銀使用量の推移は推計できない。

また経済産業省生産動態統計（機械統計）によると、HIDランプの年間生産量は以下のとおりである。

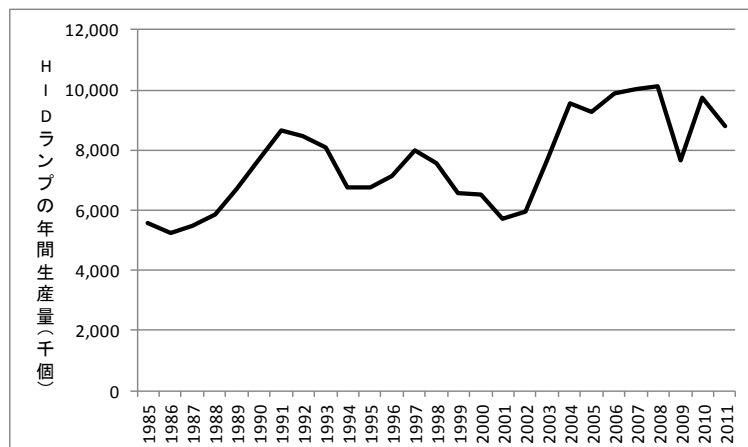


図 3.3.3 HIDランプの年間生産量推移 (1985年～2011年)

HIDランプの製品1本あたりの平均水銀含有量は、日本電球工業会へのヒアリング結果によると47.3mg/本である。この数値は、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算出されている。この値とHIDランプの生産量推移より、HIDランプの生産における年間水銀使用量推移を以下のように推計した。HIDランプについては蛍光ランプのような原単位の経年データが存在しないため、水銀含有量47.3mg/本という値を1985年以降の過去の水銀使用量推計にも適用している。

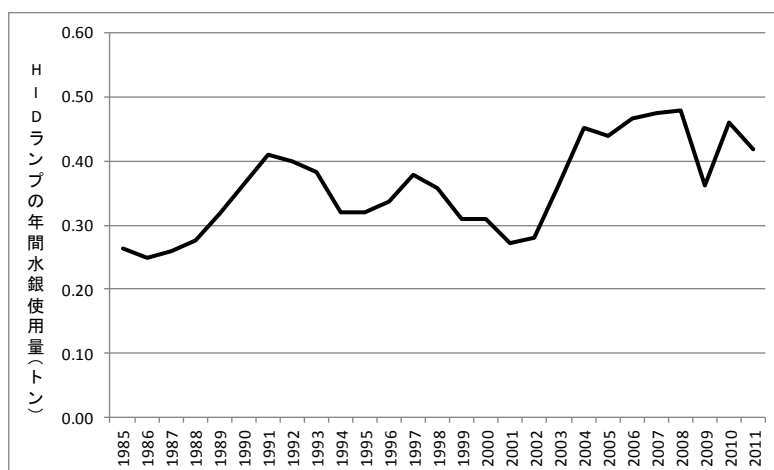


図 3.3.4 HIDランプ生産における年間水銀使用量推移 (1985年～2011年、推計値)

日本電球工業会に対する平成24年度ヒアリング調査結果によると、2010年度の電球類の生産量の内訳と、年間水銀使用量は以下のとおりである。

表 3.3.5 電球類の年間水銀使用量 (2010 年度)

品目	生産量 (千本)	生産量中の水銀量 (t-Hg)	水銀使用量 (mg/本)
蛍光ランプ	251,061	1.7	6.9
冷陰極蛍光ランプ	294,347	0.88	3.0
HID ランプ	9,725	0.46	47.3
合計		3.04	

2) 代替化の動向

日本電球工業会への平成 24 年度ヒアリング調査結果によると、電球類の国内生産量は、LED 照明への切り替えによって減少傾向となると予測される。とくに冷陰極蛍光ランプ（バックライト）については LED 化が急速に進んでおり、世界市場規模では 2009 年～2015 年で生産量は約 84% 減少すると予測される。2020 年までには、ほとんどの照明が LED 化するのではないかと予測される。また、改正 RoHS 指令⁵対応のため、製品あたりの水銀封入量の減量化も進むと予測される⁶。

3) 条約上の扱い

水俣条約の下では、以下の電球類は、2020 年以降、製造、輸入又は輸出を認めてはならないことになっている。ただし、水銀を含まない実行可能な代替製品によって交換することができない場合における電子ディスプレイ用の冷陰極蛍光ランプ（CCFL）及び外部電極蛍光ランプ（EEFL）は例外である。また、水俣条約の締約国になる時点か、規制対象となる水銀添加製品を掲げた附属書 A の改正が自国で発効する以前に、事務局へ書面によって通知することにより、5 年間（その後、締約国が要請して、締約国会議が決定すればさらに 5 年間）の適用除外を延長できる。

水銀添加製品
灯口あたりの水銀含有量が 5mg を超える 30 ワット以下の一般的な照明用のコンパクト形蛍光ランプ(CFLs)
次のものに該当する一般的な照明用の直管蛍光ランプ (LFLs)
(a) 電球当たりの水銀含有量が 5mg を超える 60 ワット未満の三波長形蛍光体を使用したもの
(b) 電球当たりの水銀含有量が 10mg を超える 40 ワット以下のハロリン酸系蛍光体を使用したもの
一般的な照明用の高圧水銀蒸気灯 (HPMV)
次のものに該当する電子ディスプレイ用の冷陰極蛍光ランプ (CCFL) 及び外部電極蛍光ランプ (EEFL)

⁵ 2011/65/EU、指令本文：

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2011L0065:20130107:EN:PDF>

⁶ 神鋼リサーチ(株)「平成 22 年度環境対応技術開発等（水銀含有製品需給マテリアルフロー等に関する調査）報告書」平成 23 年 2 月

- (a) 電球当たりの水銀含有量が 3.5mg を超え、及び長さが 500mm 以下のもの
- (b) 電球当たりの水銀含有量が 5mg を超え、及び長さが 500mm 超 1500mm 以下のもの
- (c) 電球当たりの水銀含有量が 13mg を超え、及び長さが 1500mm 超のもの

4) 一般廃棄物としての電球類の回収・処分状況

<蛍光ランプ・HID ランプ>

➤ 回収

環境省の平成 23 年度実施調査⁷によると、1,175 の市町村(対象人口 90,648,585 人、全人口の 74%)は未破損蛍光管を不燃ごみ、可燃ごみとは別に回収しており、878 の市町村(61,620,360 人、全人口の 50%)は破損蛍光管も同時に回収している。回収方法は、未破損蛍光管の場合、分別収集(1,175 市町村の 79%で実施)、持ち込み(同 47%)、拠点回収(同 28%)、店頭回収(同 9%)となっており、破損蛍光管も同様の割合である。一方、不燃ごみとして収集している市町村は、未破損の場合 452、破損の場合 666 あり、可燃ごみとして収集している市町村も未破損の場合 22、破損の場合 35 あった。分別収集もしくは拠点回収を行っている場合、運搬車両は、平ボディ一車による回収が 8 割程度、パッカー車で他と区分して回収している割合が 2 割程度である。

表 3.3.6 蛍光管を回収する市町村数(回収方法別)

回収方法	未破損蛍光管	破損蛍光管
不燃・可燃ごみ以外として回収	1,175	878
分別収集	925	699
持ち込み	552	433
拠点回収	325	180
店頭回収	105	29
不燃ごみとして回収	452	666
可燃ごみとして回収	22	35

蛍光管の回収量については、回収を実施している市町村の一部から回答があった。平成 22 年度において不燃・可燃ごみ以外として回収された蛍光管が 6,970 トン(回答市町村数: 890)で、回収量を回答しなかった不燃・可燃ごみ以外として回収している市町村の人口を勘案して、全国ベースで回収量を推計すると 8,649 トン(6,970 トン×90,648,585/73,055,081 人)となる。不燃ごみとして回収された蛍光管は 297 トン(回答市町村数: 17)、可燃ごみとして回収された蛍光管は 4 トン(同: 2)で、不燃・可燃ごみ以外として回収している量を加えた合計 7,271 トンをもとに、全国ベースで回収量(一般廃棄物としての排出量)を推計すると 12,313 トンとなる(7,271 トン×129,099,603 人/76,229,398 人)。

⁷ (株)東和テクノロジー「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

表 3.3.7 市町村による蛍光管回収量（平成 22 年度）

ゴミ種別	蛍光ランプ回収量（トン）	全国換算値（トン）
不燃・可燃ゴミ以外として （回収方法：分別収集、拠点回収、持ち込み、店頭回収）	6,970	8,649
	回収量回答市町村数 890 対象人口 73,055,081 人	不燃・可燃ごみ以外として回収している市町村数 1175 対象人口 90,648,585 人
不燃ゴミとして	297	—
	回収量回答市町村数 17 対象人口 3,110,908 人	不燃ごみとして回収している市町村数：452 対象人口：不明
可燃ゴミとして	4	—
	回収量回答市町村数 2 対象人口 63,409 人	可燃ごみとして回収している市町村数 22 対象人口：不明

➤ 処理・処分

回収した蛍光管は、不燃ごみの場合は埋立、可燃ごみの場合は焼却・熔融されるが、不燃・可燃ごみ以外として回収（分別収集、持ち込み、拠点回収、店頭回収）する市町村の大部分（1,020 市町村）は処理委託を行っている。処理委託を行わない場合は、市町村により焼却、埋立（処理後又は直接）、その他の処分が行われる。

処理委託の場合、大きく分けて、社団法人全国都市清掃会議（以下、全都清）のルートとそれ以外のルートで処理される。全都清ルートは、全都清が「使用済乾電池等の広域回収・処理連絡会」を設置し、全国の市町村を対象に「乾電池等の広域回収・処理計画」により分別・収集された使用済乾電池・蛍光管を運搬、処理・処分するシステムを昭和 61 年度から実施しているもので、平成 22 年度における蛍光管回収団体数（市町村、組合）は 167、回収量は 2,210 トンとなっている⁸。

全都清ルートでの処理・処分方法は、市町村内で収集した蛍光管を JR コンテナで関西地区に立地する中間処理施設に運搬し、破碎・選別・洗浄・ガラスの資源化を行い、水銀スラッジ及び口金等の残さ物を水銀回収施設に送るもの（平成 24 年度からは富山県、長野県、静岡県以西、それ以前は東北地区まで）と、直接水銀回収施設に送って、中間処理、水銀回収を行うものがある。

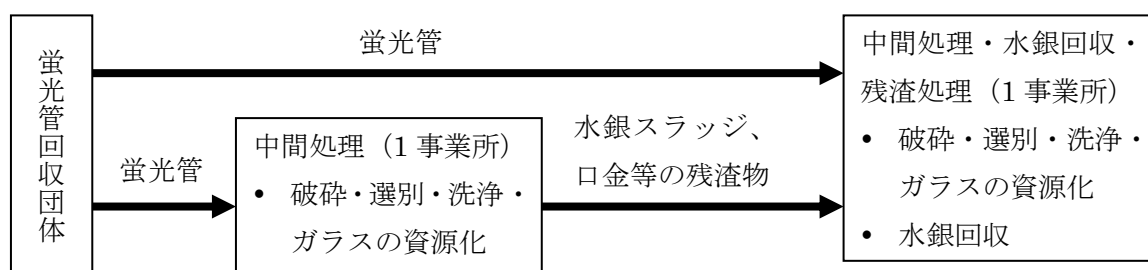


図 3.3.5 全都清ルートにおける蛍光管の処理・処分の流れ

⁸ 社団法人全国都市清掃会議（2011）平成 22 年度使用済乾電池等の広域回収・処理計画実施状況報告，
<http://www.jwma-tokyo.or.jp/asp/activity/kandenti/houkoku.pdf>

全都清ルートで処理された蛍光管 2,210t からは、平成 22 年度において 88kg の水銀が回収された⁹。また、全都清ルートの蛍光管を含めて、国内の 1 事業所において一般廃棄物の蛍光管から回収された水銀は 204kg である¹⁰。

全都清以外のルートで処理される蛍光管は、破碎・焙焼工程を経て水銀回収、破碎・セメント混練、電気炉により熔融などの処理が行われる¹¹が、その内訳や水銀回収量は不明である。また環境省調査によって把握された処理委託業者は下図のような分布状況となっている。



図 3.3.6 全都清以外のルートにおける蛍光ランプ類（乾電池を含む）の委託処理業者の分布

不燃ごみとして回収された蛍光管（297 トン）は埋立、可燃ごみとして回収された蛍光管（4 トン）は焼却されると想定される。一般廃棄物焼却施設から廃金属水銀が中間処理業者に持ち込まれており（平成 22 年度は 7 施設から 308kg、平成 21～23 年度の 3 年間で 450kg）¹²、蛍光ランプを焼却している施設では、水銀回収を行っているところもあると想定される。

⁹ 社団法人全国都市清掃会議（2011）平成 22 年度使用済乾電池等の広域回収・処理計画実施状況報告、<http://www.jwma-tokyo.or.jp/asp/activity/kandenti/houkoku.pdf>

¹⁰ 平成 24 年度水銀を含む廃棄物の回収および処理に関する調査；環境省環境安全課が実施した産業廃棄物処理業者に対するアンケート調査。

¹¹ (株)東和テクノロジー「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

¹² 野村興産(株)へのヒアリング調査結果より（平成 24 年 12 月実施）

5) 産業廃棄物としての電球類の回収・処分状況

<蛍光ランプ・HID ランプ>

➤ 回収

産業廃棄物としての蛍光ランプは、マニフェスト上、ガラスくず+プラスチックくず+金属くずの複合物¹³、あるいはガラス屑、金属くず¹⁴として収集・運搬される。

環境省調査¹⁵で実施した、市町村から処理委託を受けている事業者に対するアンケート調査の結果、35社から回答があり、回収方法としては、処理業者が自ら収集運搬（引き取り）する場合のほか、収集運搬業者・中間処理業者が持ち込む場合、排出企業（家電量販店、工場等）が持ち込む場合があり、排出企業が直接持ち込む量が多かった。

表 3.3.8 蛍光管（破損・破砕分含む）中間処理業者の取扱量（平成 22 年度）

排出源	回収方法	取扱量 (kg)
収集運搬業者・中間処理業者	引き取り	112,226
	持ち込み	1,407,757
排出企業（家電量販店、工場等）	引き取り	340,429
	持ち込み	4,016,381

➤ 処理・処分

排出事業者が、認可を得た収集運搬会社を経て処理事業者に委託している。最近ではランプ使用事業者に対し、ランプ販売者が納入・メンテナンス・処理までをマネージメントする方式での処理も行われている¹⁶。

平成 24 年度に行われた産業廃棄物処理業者に対するアンケート調査¹⁷では、蛍光管を含むランプ（冷陰極管蛍光ランプ、HID ランプ等）の中間処理を行っている 59 社から回答を得、蛍光管の処理方法としては、選別・破砕後、セメント固化・硫化水銀化して処分、焼却、水銀回収（ガラス、口金等は資源として回収）、という方法があることがわかった。選別、破砕のみを行う処理業者は、その後の処理を委託しており、水銀回収が行われるものとセメント固化して処分されるものに分けられると想定される。

¹³ JFE 環境(株)へのヒアリング調査結果より（平成 24 年 12 月実施）

¹⁴ 野村興産(株)へのヒアリング調査結果より（平成 24 年 12 月実施）

¹⁵ (株)東和テクノロジー「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

¹⁶ 大島照雄「使用済み蛍光ランプ処理・リサイクルの現状と課題(<特集>今日の蛍光ランプ～より地球に優しい光源を目指して～)」照明学会誌 89(4), pp.195-200, 2005-04-01、社団法人照明学会

¹⁷ 平成 24 年度水銀を含む廃棄物の回収および処理に関する調査；環境省環境安全課が実施した産業廃棄物処理業者に対するアンケート調査。

表 3.3.9 アンケート回答企業 59 社における蛍光管の処理方法

処理方法	事業所数		中間処理量 (トン)
	蛍光管+その他の蛍光ランプ	蛍光管のみ	
破碎・選別のみ	13	31	1,427
焼却熔融	2	0	0.5
破碎・選別+セメント固化	3	0	894
破碎・選別+硫化水銀化	0	1	20
破碎・選別+水銀回収	5	4	8,000

蛍光ランプからの水銀回収を行っている 9 事業所では、平成 22 年に産業廃棄物としての蛍光ランプから 1,487kg の水銀が回収されている。

< 冷陰極蛍光ランプ（バックライト） >

➤ 回収

テレビ、パーソナルコンピュータに組み込まれた冷陰極蛍光ランプは、それぞれ家電リサイクル法、資源有効利用促進法の下で、テレビ、パーソナルコンピュータとして回収が行われている。

- 液晶テレビは家電リサイクル法に基づく方法（使用者が小売店又は自治体に引き取りを依頼¹⁸）で、液晶モニターは資源有効利用促進法に基づく自主回収（パソコンメーカーによる回収、パソコン 3R 推進協会の事業会 PC 小口回収スキーム、リースの場合はリース会社が回収¹⁹）
- 家電製品のリサイクル施設では、対象商品を識別・処理して部品単位で回収し、識別保管して製造元または認定委託先へ搬送している。蛍光管若しくは蛍光管数本を組み立てたユニットの状態で取出し、環境省告示「特定家庭用機器一般廃棄物及び特定家庭用機器産業廃棄物の再生又は処分の方法として環境大臣が定める方法」に合致する処理を委託。
- 他の廃棄物と混載で運搬することはあるが、他の廃棄物とは別で認定委託先へ委託
- 水銀スイッチ等と同様に部品本体を極力破損させず分離回収を行い、関連法令を遵守し処理委託先へ適正に搬送

➤ 処理・処分²⁰

家電リサイクル施設では、持ち込まれたテレビから蛍光管若しくは蛍光管数本を組み立てたユニットの状態で取出し、環境省告示「特定家庭用機器一般廃棄物及び特定家庭用機器産業廃棄物の再生又は処分の方法として環境大臣が定める方法」に合致する処理を委託している。処理を委託する場合、manifest 上の区分は「ガラスくず」となる。運搬の際、他の廃棄物と混載で運搬することはあるが、他の廃棄物とは別で認定委託先へ委託している。委託先では水銀が回収さ

¹⁸ 一般財団法人家電製品協会ウェブサイト、http://www.rkc.aeha.or.jp/text/p_procedure.html

¹⁹ 一般社団法人パソコン 3R 推進協会ウェブサイト、<http://www.pc3r.jp/office/index.html>

²⁰ 家電リサイクル施設（A グループ）からの提供情報（平成 25 年 1 月）。水銀回収及び残渣処理先については、A グループ及び B グループからの情報提供（平成 26 年 2 月）

れ、水銀を含む部品の処理時に発生する残さは管理型処分場に埋め立てられている。

水銀を含む廃棄物の環境上適正な管理のため、家電リサイクル施設を運営する会員企業には、集合研修、訪問指導時に、蛍光管を破損させない適切な取扱い等を指導するとともに、蛍光管を取出す施設にあっては、専用のブース内で作業を実施するなど、万一の破損に対するリスク対策を標準化している。また、処理内容の現地確認等を行って、環境省告示「特定家庭用機器一般廃棄物及び特定家庭用機器産業廃棄物の再生又は処分の方法として環境大臣が定める方法」に合致する処理が可能と判断した施設をリスト化し、このリストの処理施設以外への処理委託を禁止している。

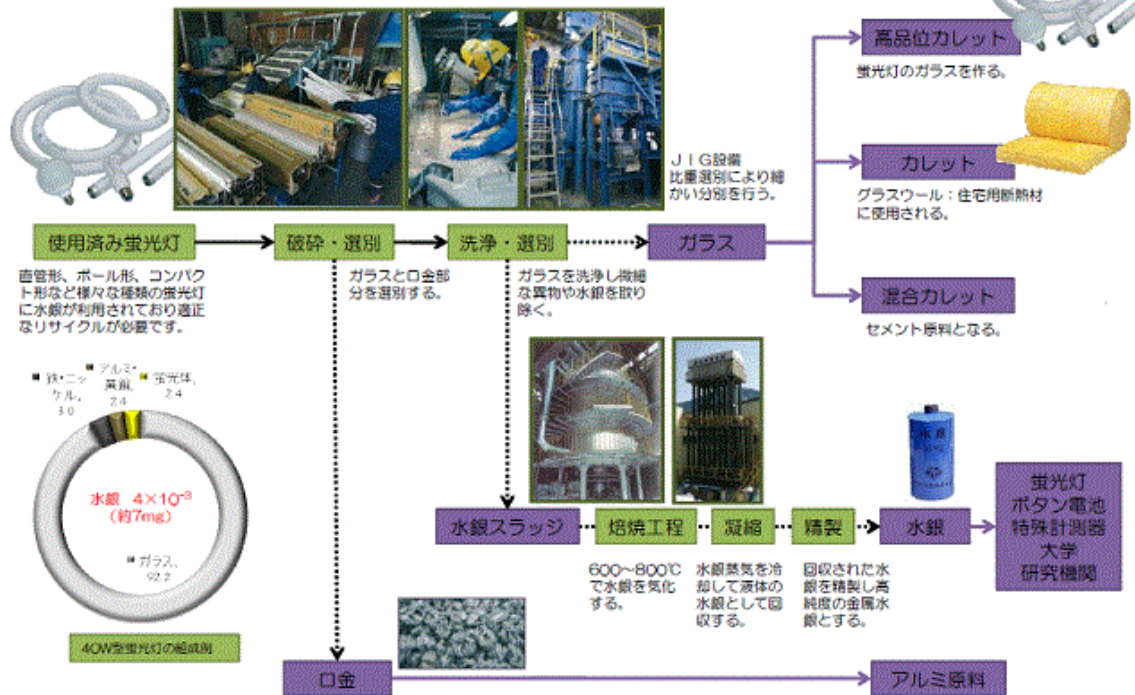
<野村興産（株）における処理方法²¹>

- 前処理、洗浄、乾燥、選別、排水処理工程からなる。
- 洗浄工程において、破砕蛍光ランプから蛍光粉や水銀を除去。排水処理工程において洗浄排水中の水銀を回収。処理水は再度洗浄水として使用するクローズドシステムを採用。この工程で回収したスラッジ等は水銀焙焼炉に送り水銀を回収。
- 粗水銀は、酸化処理、洗浄、真空蒸留等の精製工程を経て用途に応じたグレードの精製水銀として出荷²²。
- リサイクル工程に投入できない異物の混入したものは、ガラス洗浄工場にて金属部分を回収。
- ガラス部分はグラスルールの原料にリサイクル。

²¹ 早坂篤「講演 野村興産(株)における含水銀廃棄物リサイクル」環境と安全 2(1), pp. 78-84, 2011、大学等環境安全協議会編集委員会事務局、野村興産株式会社ヒアリング結果（平成 26 年 1 月）

²² 田村詔男、三浦博「イトムカ鉱業所における含水銀廃棄物処理」123(12), pp. 747-750, 2007-12-25、社団法人資源・素材学会

使用済み蛍光灯リサイクルフロー



25

図 3.3.7 野村興産（株）における使用済み蛍光ランプのリサイクルフロー

<JFE 環境（株）における処理方法²³>

- 回収会社から、指定のカーゴボックスやダンボール箱にしっかり梱包されて未破碎のまま入荷。



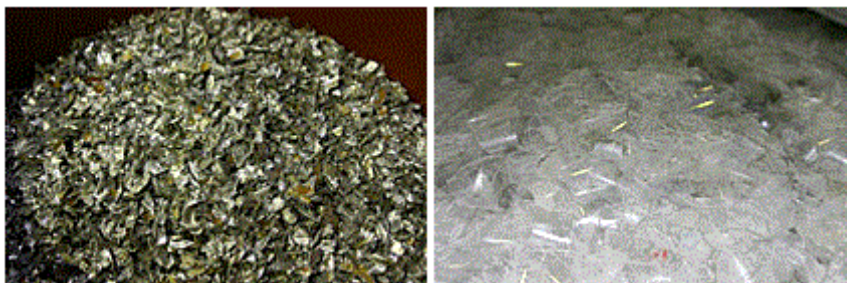
- 届いた蛍光ランプを手作業で取り出し、開梱した蛍光ランプをサイズ別・形状別に仕分けし、それぞれに完全自動の処理機にセット。
- 処理機にセットされた蛍光ランプは、口金を自動でカット（以前は、直管形蛍光ランプの処理機のみだったが、現在は丸管形にも対応できる機種が開発され使用されている）。

²³ エコビーイング「エコビープル レポート 32 Part 1 蛍光灯リサイクル工場を訪ねてー水銀の処理と資源回収を完全自動で対応するシステムー」http://www.ecobeing.net/ecopeople/peo32/peo32_2.html (平成 24 年 12 月 5 日参照)、JFE 環境株式会社ヒアリング結果 (平成 26 年 1 月)

- 口金をカットした蛍光灯は、蛍光粉を特殊なブローで除去。蛍光粉（水銀含有量は数 ppm のオーダー）は回収して水銀回収装置に搬送し、水銀を分離（400～500℃で熱して水銀を揮発させ、間接冷却（5℃程度）して水銀回収）。分離した水銀は、99.9%の高純度な状態で回収。水銀を抜いた蛍光粉は化学メーカーに送っている（レアアースを回収）。
- ガラス管は、破碎した後、再度蛍光粉を回収する（破碎によってガラス同士が擦れて蛍光粉が回収できる）。その後ガラスカレットとしてリサイクルし、口金部分も破碎され、アルミ、鉄、プラスチックなど素材毎に分別。
- 開封・仕分けし機械にセット後、自動で処理され、素材毎にリサイクル可能な状態に分別される。



- 分別回収した口金部分は、アルミニウム、プラスチック、鉄の原料としてリサイクルし、ガラスカレットはグラスウール（断熱材原料）や軽量骨材、家具などに使用されるガラス原料にリサイクル、プラスチックはぬいぐるみの中綿、水銀を除去した蛍光粉はレアアースが含まれるため化学メーカー等に売却され、水銀はさらに精製され無機薬品原料としてリサイクルされる。



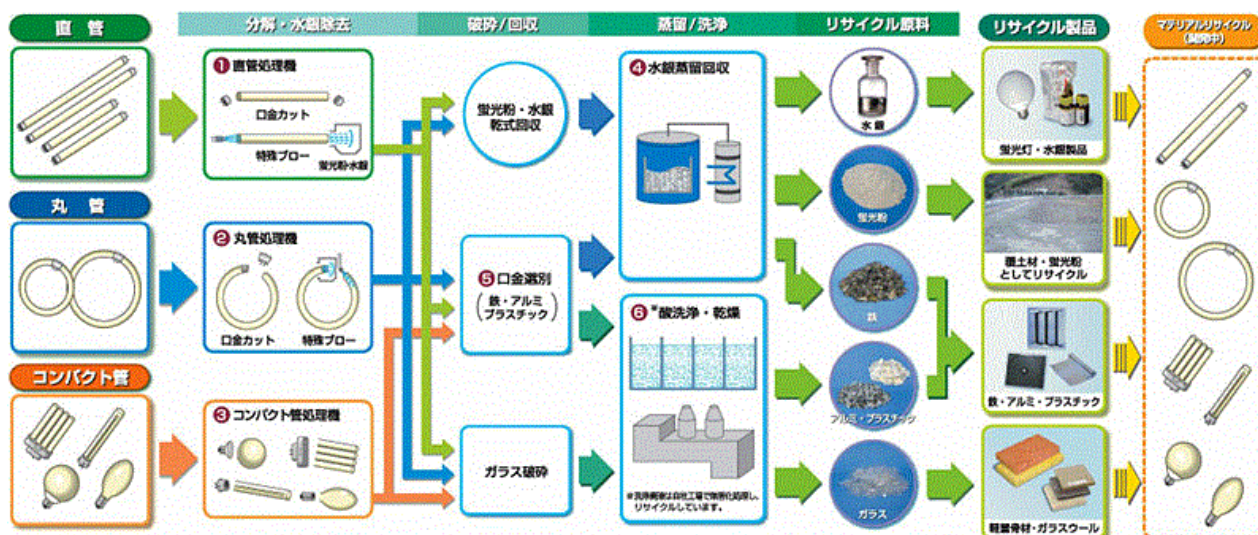


図 3.3.8 JFE 環境（株）における蛍光灯リサイクルフローチャート図

<その他の処理方法>

- 空気による吸入で蛍光体と共に回収する乾式回収方法もある²⁴
- 大成建設（株）と国立水俣病総合研究センターの発明した「マーチ 21」という蛍光ランプリサイクル装置は、300℃未満で水銀を蒸気にして回収できる²⁵
- 水銀添加廃製品の中間処理を行う全国の処理業者のうち、35 社への調査結果では、蛍光管を中間処理した後に生じる残渣等の取り扱い方法及びその量は以下のとおりである。（平成 23 年の結果）²⁶

	水銀回収 (kg)		保管 (kg)		再生利用 (kg)		そのまま商品として販売 (kg)		処分 (kg)	
	自社	他社	自社	他社	自社	他社	自社	他社	自社	他社
蛍光粉末	82,000	0	7,030	0	0	12,312	0	0	0	60
ガラス類	759,700	0	0	0	0	130,000	3,153,910	0	75,932	75,932
金属類	182,130	0	0	0	0	27,000	142,300	1,000	0	0
プラスチック類	3,720	0	0	0	0	109,000	21,460	0	0	1,000
泥状物（スラリー）	0	0	0	0	0	0	12,000	0	0	1,400
集じんダスト	*発生量ゼロ									
排水	*発生量ゼロ									

自社で水銀を回収している場合の回収した水銀の取り扱いについては、自社で保管や、他社で再生利用、金属水銀として自社で販売、金属水銀として他社で販売等が行われているようである。

²⁴ 浅利美鈴、福井和樹、酒井伸一、高月紘、「水銀の物質フローと蛍光管リサイクルのあり方」、廃棄物学会誌 Vol. 16 No.4、 pp. 223-235、2005、廃棄物学会

²⁵ 産業廃棄物中間処理業者ヒアリング（平成 24 年 12 月実施）に基づく

²⁶ (株)東和テクノロジー「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

(2) 計測器類

1) 製品の生産量、水銀含有量及び年間水銀使用量

<医療用計測器類>

厚生労働省の薬事工業生産動態統計によると、医療用計測器類（水銀体温計、水銀柱式血圧計）の年間生産量は以下のとおりである。

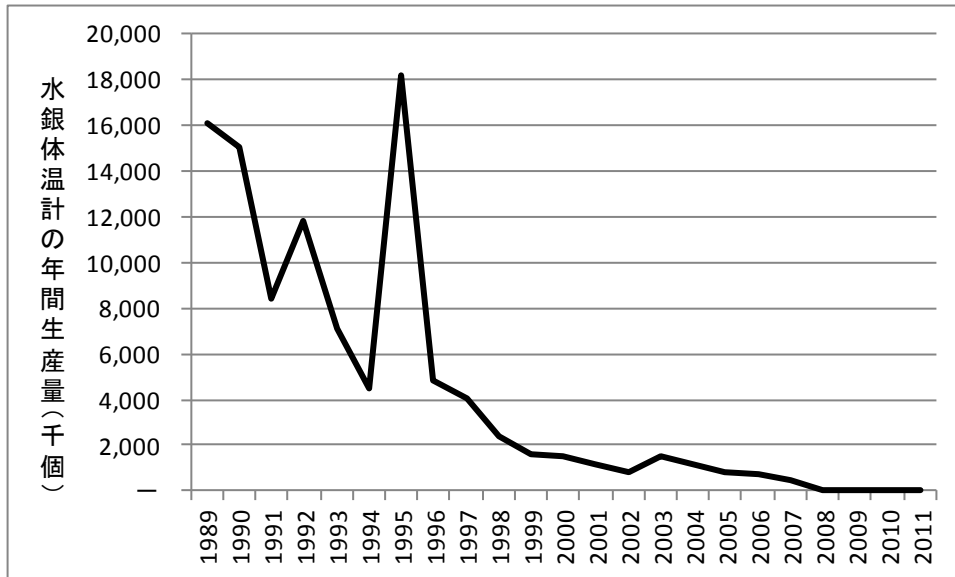


図 3.3.9 水銀体温計の年間生産量推移 (1989年～2011年)

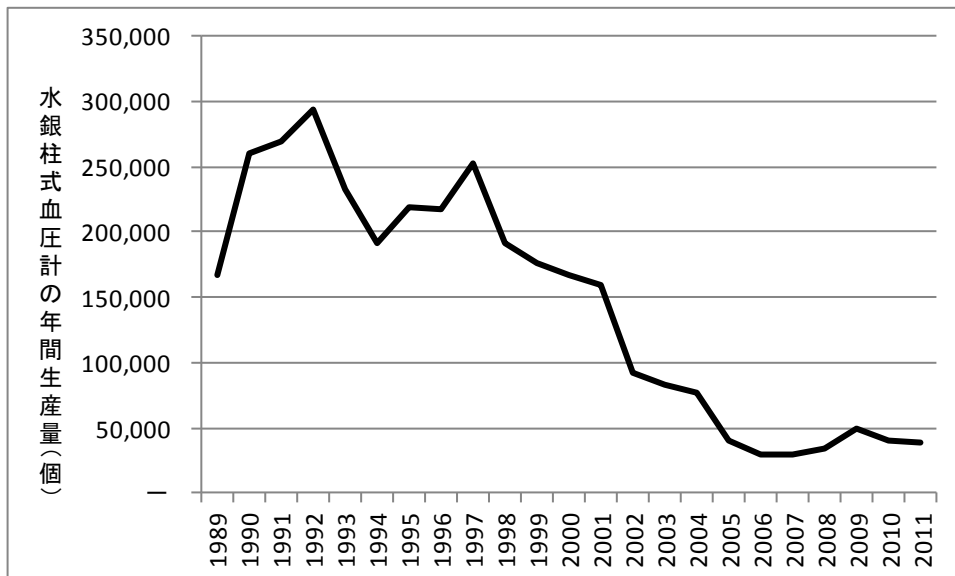


図 3.3.10 水銀柱式血圧計の年間生産量推移 (1989年～2011年)

また、水銀体温計及び水銀柱式血圧計の水銀含有量については、日本医療機器産業連合会への平成24年度ヒアリング調査結果によると、水銀体温計：1.2g/本、水銀柱血圧計：47.6g/個である。

以上より、医療用計測器類の生産における年間水銀使用量の推計結果は以下のとおりである。

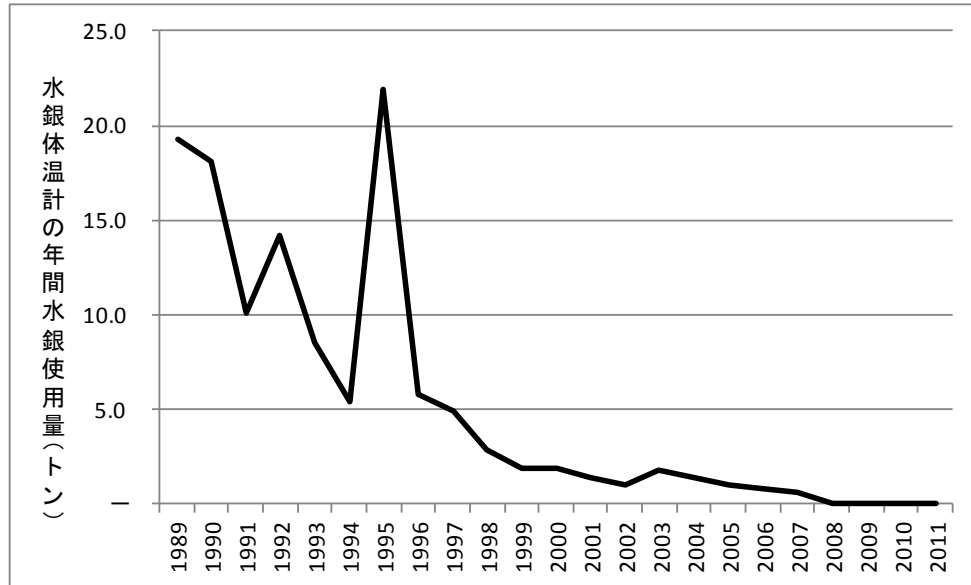


図 3.3.11 水銀体温計の生産における年間水銀使用量 (1989 年～2011 年、推計値)

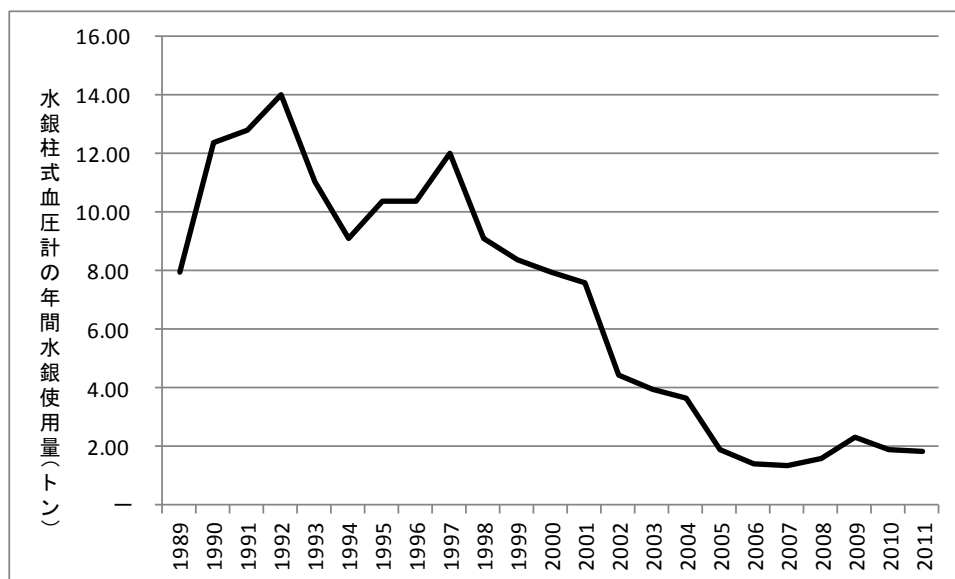


図 3.3.12 水銀柱式血圧計の生産における年間水銀使用量 (1989 年～2011 年、推計値)

とくに、2010 年度における医療用計測器類の生産における年間水銀使用量は以下のとおりである。

表 3.3.10 医療用計測器類の生産における年間水銀使用量 (2010 年度)

品目	生産量 (個)	生産量中の水銀量 (t-Hg)	水銀使用量 (g/個)
水銀体温計	0	0	1.2
水銀式血圧計	40,038	1.9	47.6
合計		1.9	

<工業用計測器類>

工業用計測器類に関しては統計データの不足のため生産量推移は把握されていないが、文献情報²⁷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結果によると、平成22年度の生産量、水銀含有量及び年間水銀使用量は以下のとおりである。

表 3.3.11 工業用計測器類の生産量及び水銀使用量

品目	生産量 (個)	水銀含有量 (g/個)	年間水銀使用量 (t-Hg)
ガラス製水銀温度計	103,870	3.7	0.38
水銀充満式温度計*	3,584	100	0.36
基準液柱型圧力計	14	1,500	0.021
高温用ダイヤフラムシール圧力計**	1,156	40	0.046
液柱型水銀気圧計	20	2,000	0.040

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

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

2) 代替化の動向

➤ 医療用計測器類

日本医療機器産業連合会に対する平成24年度のヒアリング調査結果によると、水銀体温計の生産量に関するデータは厚生労働省の薬事工業生産動態統計のみであり、統計上の生産量がゼロとなつてからの生産量推移が把握できていない。生産・販売を行っている企業が見受けられるため、報告されていない生産量が存在する可能性が高い。水銀柱式血圧計の生産量については1990年代以降減少傾向を示しており、代替製品への切り替えによって今後も徐々に減っていくと推測される。

➤ 工業用計測器類

日本圧力計温度計工業会に対する平成24年度のヒアリング調査結果によると、水銀を含む工業用計測器類については、水銀を使用しなければ精度の出ない製品や代替品のない製品に限って製造を続けているが、生産量は減少傾向であるため、今後も増加することはないと考えられる。工業用計測器類のうち、温度計は0~400℃で用いられるものは水銀フリー製品に代替され国内需要は減少傾向にあるが、600度以上の高温域で用いられるものは代替品がない。圧力計は計量法の規定や代替品がなく、一定の国内需要がある²⁸。

3) 条約上の扱い

水俣条約の下では、以下の非電気式の計測機器（水銀を含まない適当な代替製品が利用可能で

²⁷ 神鋼リサーチ(株)「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）報告書」平成24年3月

²⁸ 神鋼リサーチ(株)「平成22年度環境対応技術開発等（水銀含有製品需給マテリアルフロー等に関する調査）報告書」平成23年2月

ない場合において大規模な装置に取り付けられたもの又は高精密度の測定に使用されるものを除く。)類は、2020年以降、製造、輸入又は輸出を認めてはならないことになっている。ただし、計測器の校正用途に使用される製品は除外されている。また、電球類と同様の適用除外措置がある。

- (a) 気圧計
- (b) 湿度計
- (c) 圧力計
- (d) 温度計
- (e) 血圧計

4) 一般廃棄物としての廃製品の回収・処分状況

➤ 回収

環境省の平成23年度調査²⁹によると、水銀体温計、水銀圧力計を不燃ごみ、可燃ごみとは別に回収している市町村数はそれぞれ884、512となっている。回収方法は、水銀体温計の場合、分別回収(884市町村の79%で実施)、持ち込み(同48%)、拠点回収(同22%)、店頭回収(同4%)となっている。また水銀圧力計の場合、分別回収(512市町村の75%で実施)、持ち込み(同46%)、拠点回収(同18%)、店頭回収(同5%)となっている。一方、水銀体温計を不燃ごみとして収集している市町村は353、可燃ごみとして収集している市町村は26で、水銀圧力計を不燃ごみとして収集している市町村は266、可燃ごみとして収集している市町村は21であった。

表 3.3.12 計量器を回収する市町村数(回収方法別)

回収方法	水銀体温計	水銀圧力計
不燃・可燃ごみ以外として回収	884	512
分別収集	697	382
持ち込み	420	233
拠点回収	194	93
店頭回収	31	26
不燃ごみとして回収	353	266
可燃ごみとして回収	26	21

水銀体温計及び水銀圧力計の回収量については、回収を実施している市町村の一部から回答があった。平成22年度において不燃・可燃ごみ以外として回収された水銀体温計は36.7kg(25.3kg+2281本、1本5gとして計算³⁰)であった。また、不燃・可燃ごみ以外として回収された水銀圧力計は56.2kg(8.2kg+40個、1個1.2kgとして計算)であった。

²⁹ (株)東和テクノロジー「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 本体のみの重量。http://www.wansaca.com/product/00005107

➤ 処理・処分

処理委託の場合、大きく分けて、全都清のルートとそれ以外のルートで処理される。全都清ルートは、全都清が「使用済乾電池等の広域回収・処理連絡会」を設置し、全国の市町村を対象に「乾電池等の広域回収・処理計画」により分別・収集された使用済乾電池・蛍光管を運搬、処理・処分するシステムを昭和 61 年度から実施しているもので、水銀体温計、水銀血圧計、鏡も回収・処理の対象となっている³¹。

全都清ルートでの処理・処分方法は、市町村内で収集した水銀体温計、血圧計を、水銀回収施設に送って、中間処理、水銀回収を行う。全都清ルートで処理された水銀体温計、圧力計からの水銀回収量は不明であるが、一般廃棄物の水銀体温計 210kg、血圧計 100kg から回収された水銀は各 17.7kg、3.4kg であることが把握されている³²。

不燃ごみとして回収された水銀体温計、水銀圧力計は埋立、可燃ごみとして回収された水銀体温計、水銀圧力計は焼却されるものと想定される。一般廃棄物焼却施設から廃金属水銀が中間処理業者に持ち込まれており（平成 22 年度は 7 施設から 308kg、平成 21～23 年度の 3 年間で 450kg）³³、水銀体温計、水銀血圧計を焼却している施設では、水銀の回収を行っているところもあると想定される。

5) 産業廃棄物としての廃製品の回収・処分状況

➤ 回収

産業廃棄物としての計量器は、マニフェスト上、ガラスくず³⁴として収集・運搬される。水銀体温計、血圧計の場合は、マニフェスト上の種類は金属くず、ガラスくず、廃プラスチック類、産業廃棄物の名称「廃水銀体温計」「廃水銀血圧計」として収集・処理される。

医療機関で用いられる水銀体温計、水銀血圧計については、各医療機関が個別に処理業者に委託し廃棄しているが、平成 23 年から都内の焼却炉で相次いで水銀の不法投棄が原因と思われる稼働停止が起きたため、東京都医師会では、不要になった水銀血圧計・体温計の適正な処理ルートを確認する必要があると判断し、平成 24 年 9 月に水銀血圧計・体温計の回収プログラムを実施した。都内の医療機関約 1 万か所が所有する使用しない水銀血圧計約 8 千個、水銀体温計約 8 万 5 千本のうち、水銀血圧計 2,592 個（約 3 割）、水銀体温計 4,378 本（約 0.5 割）が回収された³⁵。

工業用計量器のガラス製温度計については、日本硝子計量器工業協同組合の組合員企業が生産する過程で出る不良品、破損、廃棄等の製品処分は、水銀の処分も含め、組合が一括して野村興産（株）に委託処理している³⁶。

³¹ 社団法人全国都市清掃会議. (2011) 平成 22 年度使用済乾電池等の広域回収・処理計画実施状況報告, <http://www.jwma-tokyo.or.jp/asp/activity/kandenti/houkoku.pdf>

³² 平成 24 年度水銀を含む廃棄物の回収および処理に関する調査；環境省環境安全課が実施した産業廃棄物処理業者に対するアンケート調査

³³ 野村興産(株)へのヒアリング調査結果より（平成 24 年 12 月実施）

³⁴ 野村興産(株)へのヒアリング調査結果より（平成 24 年 12 月実施）

³⁵ 東京都医師会からの提供情報（平成 25 年 1 月）

³⁶ 神鋼リサーチ(株)「平成 22 年度環境対応技術開発等（水銀含有製品需給マテリアルフロー等に関する調査）報告書」平成 23 年 2 月

工業用計量器の水銀充満式温度計、基準液柱型圧力計、高温用ダイヤフラムシール圧力計は、修理・校正時に古くなった廃水銀が発生する。日本圧力計温度計工業会の会員企業が不良品、破損品、又は修理・校正時に発生する古くなった廃水銀を廃棄する場合は、会員各自が水銀を調達している商社を経由して野村興産（株）に委託処理している³⁷。

➤ 処理・処分

平成 24 年度に行われた産業廃棄物処理業者に対するアンケート調査³⁸では、計測器類の中間処理を行っている 8 社から回答を得、処理方法としては、解体・破砕＋セメント固化、解体・破砕＋水銀回収、という方法があることがわかった。選別のみを行う処理業者は、その後の処理を委託している。

表 3.3.13 アンケート回答企業 8 社における計量器の処理方法

処理方法	事業所数	中間処理量 (トン)
選別→二次委託	2	0.035
焼却溶融	1	不明
解体・破砕＋セメント固化	2	0.14
解体・破砕＋水銀回収	3	9.4

計測器類からの水銀回収を行っているのは 3 事業所のみであり、平成 22 年には産業廃棄物としての計測器類から 503kg の水銀が回収された。

水銀回収を行っている処理業者における処理・処分方法は以下の通り³⁹。

- 小規模処理業者の場合：負圧にしたチャンバー内で計測器から水銀を抜き取る。チャンバーからの排気は活性炭吸着で水銀を除去する。活性炭は不溶化（硫化）して埋立。活性炭の硫化は水銀の表面積が大きくなることから反応性が高まり、廃金属水銀をそのまま硫化するよりも処理が容易となる。ガラス容器等は水洗浄をしたうえで他業者に更なる処理を委託。
- 大規模処理業者の場合：焙焼炉に投入して、蒸気として水銀を回収。工程中で発生する水銀蒸気は集塵機、水銀吸着剤（活性炭等）によって捕集される。
- ガラスや度板（紙）は焼却処理されることもあるが、この処理作業は水銀の処分にあたることから、特別管理産業廃棄物の処理として扱われる。

³⁷ (株)東和テクノロジー「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

³⁸ 平成 24 年度水銀を含む廃棄物の回収および処理に関する調査；環境省環境安全課が実施した産業廃棄物処理業者に対するアンケート調査

³⁹ 産業廃棄物中間処理業者ヒアリング（平成 24 年 12 月実施）に基づく

表 3.3.14 産業廃棄物処理業者アンケート調査結果に基づく回収量（2010年度）³²

項目	量（トン）
産業廃棄物としての計測器類の回収量 （水銀体温計、水銀血圧計、温度計、圧力計）	9.6
水銀回収が行われた計測器類の量	9.4
計測器類からの水銀回収量	0.503

（3） 電池類

1） 製品の生産量、水銀含有量及び年間水銀使用量

国内生産される乾電池については、1990年代から、完全に水銀フリー化されている。ボタン形電池については、酸化銀電池のみ、経済産業省生産動態統計（機械統計）によって年間生産量の推移が以下のとおり把握されている。

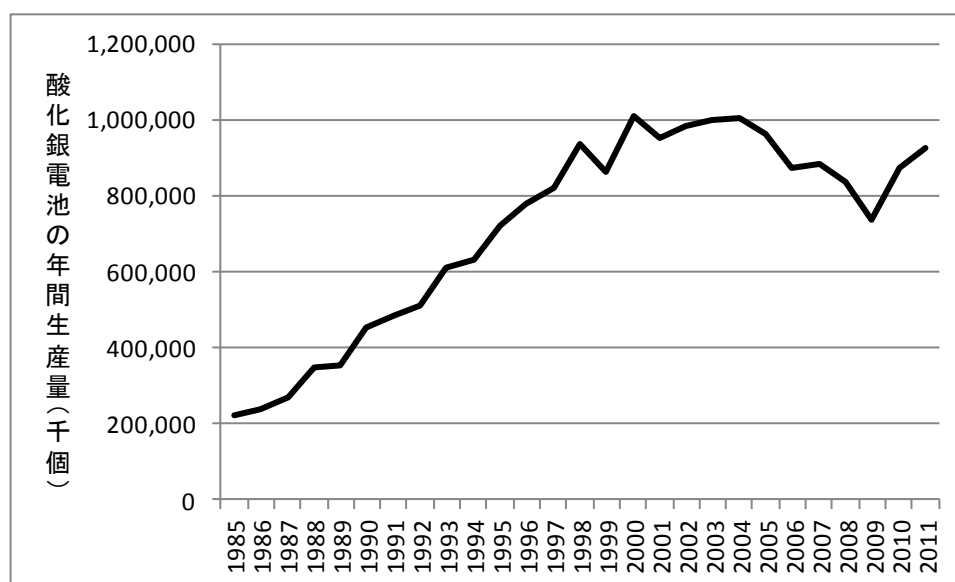


図 3.3.13 酸化銀電池の年間生産量推移（1985年～2011年）

酸化銀電池の水銀含有量は0.1（wt%）、製品の平均重量は0.5（g）であり、製品1個あたりに使用される水銀量は0.5（mg）である。

過去の水銀含有量が把握されていないため、過去の製品についても現在把握されている水銀含有量を用いて、酸化銀電池の生産における年間水銀使用量を推計すると以下のとおりである。

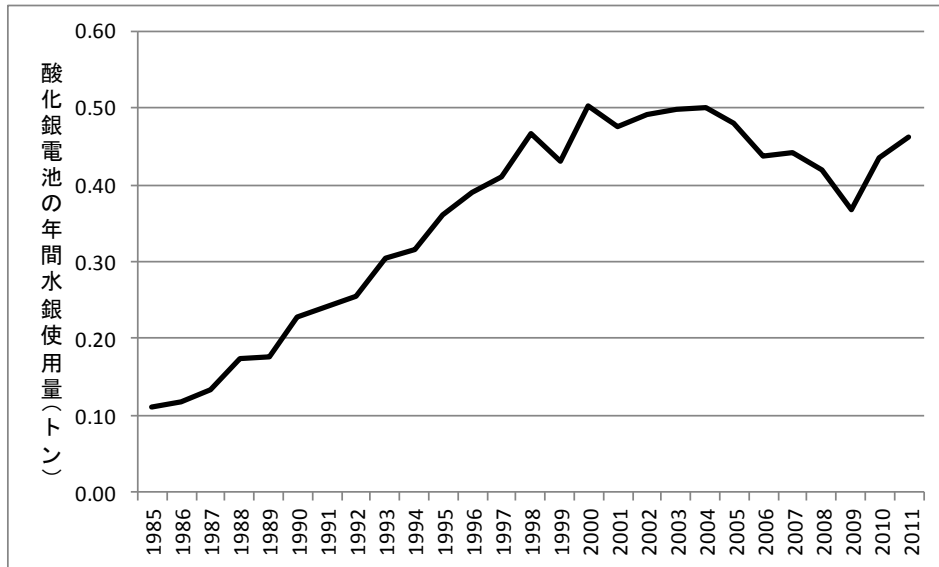


図 3.3.14 酸化銀電池の生産における年間水銀使用量推移 (1985年～2011年)

アルカリボタン電池、空気亜鉛電池については統計データの不足のため生産量の推移は把握されていないが、電池工業会への平成24年度ヒアリング調査結果によると、ボタン形電池各種の生産における平成22年度の年間水銀使用量及び平均水銀含有量は以下のとおりである。

表 3.3.15 ボタン形電池の生産における年間水銀使用量 (2010年度)

品目	年間水銀使用量 (トン)	平均水銀含有量 ⁴⁰ (wt%) 製品の平均重量 ⁴¹ (g)
アルカリボタン電池	0.103	平均水銀含有量：0.2 (wt%) 製品平均重量：1.6g
酸化銀電池	0.378	平均水銀含有量：0.1 (wt%) 製品平均重量：0.5g
空気亜鉛電池	0.515	平均水銀含有量：0.3 (wt%) 製品平均重量：0.8g
合計	0.996	

2) 代替化の動向

国内生産される乾電池は完全に水銀フリー化されている。

ボタン形電池のうち、アルカリ電池、酸化銀電池は2009年から水銀フリー製品が発売されているが、主に補聴器に用いられる空気亜鉛電池については、国内では水銀フリー製品は発売されて

⁴⁰ 神鋼リサーチ(株)「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)報告書」平成24年3月

⁴¹ 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。

いない⁴²。また、電池工業会に対する平成 24 年度のヒアリング調査結果によると、アルカリ電池については水銀フリー製品の比率が低いため、少しずつ無水銀化が進み、生産量は横ばい状態が続くと推測される。酸化銀電池は腕時計や電子体温計等の製品に組み込まれて使用されることが多いが、無水銀化が進み、電池が不要なソーラー時計や電波時計が増加している影響で、水銀を含む酸化銀電池の生産量は減少傾向となると推測される。

3) 条約上の扱い

水俣条約の下では、電池類は、2020 年以降、製造、輸入又は輸出を認めてはならないことになっている。ただし、水銀含有量 2%未満のボタン形亜鉛酸化銀電池及び水銀含有量 2%未満のボタン形空気亜鉛電池は除外されている。また、電球類と同様の適用除外措置がある。

4) 一般廃棄物としての廃製品の回収・処分状況

▶ 回収

環境省が平成 23 年度に実施した調査⁴³によると、1,296 の市町村（全人口の 80%）は乾電池を不燃ごみ、可燃ごみとは別に回収している。回収方法は、分別回収（1,298 市町村の 79%で実施）、持ち込み（同 45%）、拠点回収（同 34%）、店頭回収（同 9%）となっている。一方、不燃ごみとして収集している市町村は 268 あり、可燃ごみとして収集している市町村も 24 あった。ボタン形電池については、1,065 の市町村が不燃ごみ、可燃ごみとは別に回収しており、回収方法は分別回収（1,065 市町村の 61%で実施）、持ち込み（同 37%）、店頭回収（同 32%）、拠点回収（同 25%）と、店頭回収の割合が高くなっている。これはボタン形電池メーカーによる製品店頭回収の自主的取組が行われているためと考えられる。

表 3.3.16 電池類を回収する市町村数（回収方法別）

回収方法	乾電池	ボタン形電池
不燃・可燃ごみ以外として回収	1,296	1,065
分別収集	1,030	646
持ち込み	577	393
拠点回収	440	265
店頭回収	119	344
不燃ごみとして回収	268	168
可燃ごみとして回収	24	17

ボタン形電池メーカーによる自主回収は、回収協力店（電器店、電器量販店、補聴器店、メガネ店、ホームセンター、スーパー等）の店頭でボタン形電池回収缶を置いて回収するもので、回収協力店の加入数は、2011 年 11 月現在で 10,925 店舗、平成 22 年度の回収量は 6.1 トンである。

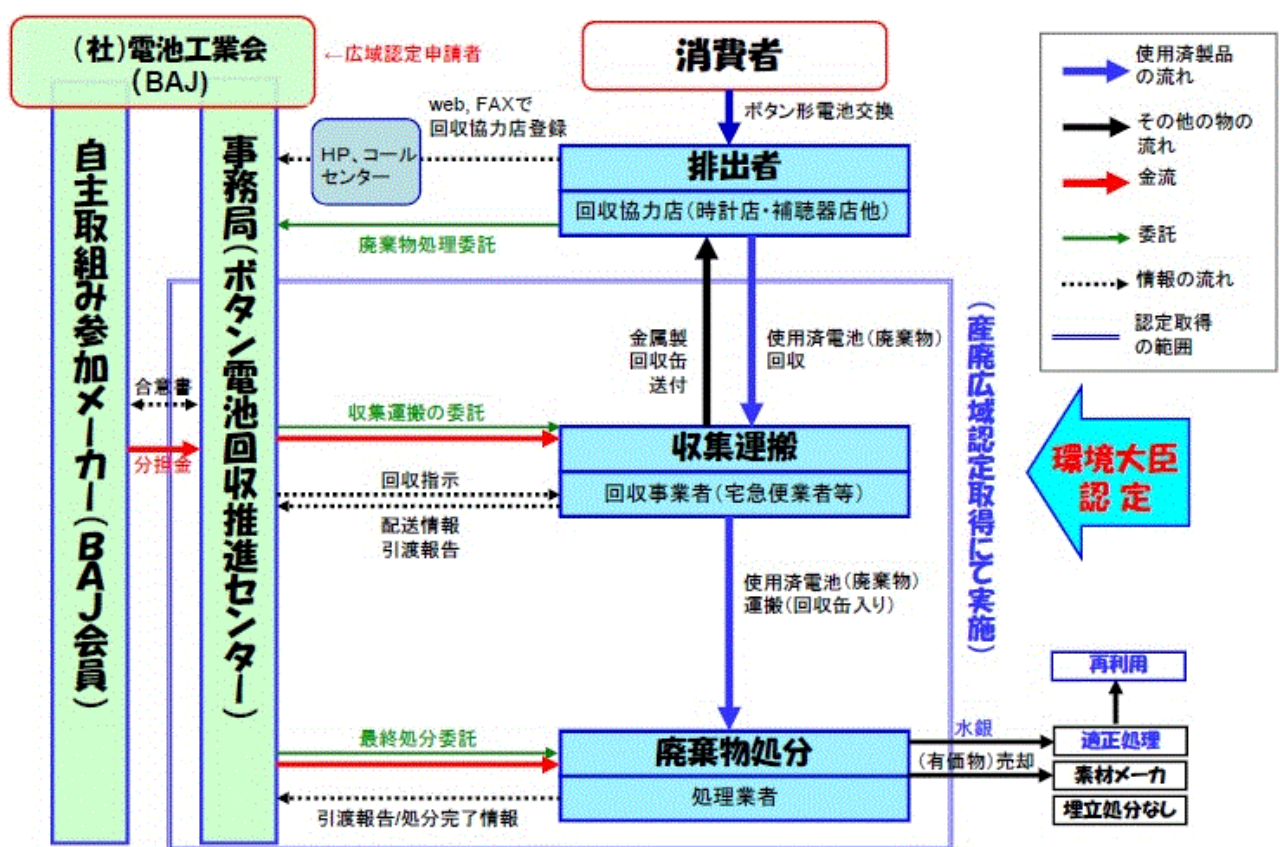
⁴² 神鋼リサーチ(株)「平成 22 年度環境対応技術開発等（水銀含有製品需給マテリアルフロー等に関する調査）報告書」平成 23 年 2 月

⁴³ (株)東和テクノロジー「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

回収協力店はボタン電池回収推進センターに廃棄物の処理を委託し、同センターが産業廃棄物処理業者に収集運搬及び処理を委託する（産廃広域認定取得にて実施）。回収リサイクルに係る費用は電池工業会加盟会社が負担している⁴⁴。産業廃棄物の中間処理事業者への平成 24 年度ヒアリング調査結果によると、国内でのボタン形電池の回収率は 1 割程度という情報もある。

表 3.3.17 ボタン電池回収推進センターによる回収量⁴⁵

項目	量（トン）
ボタン形電池類の回収量 （乾電池、ボタン形電池）	6.1
ボタン形電池からの水銀回収量	0.009



出典：社団法人電池工業会

図 3.3.15 ボタン形電池回収ルート

⁴⁴ 神鋼リサーチ(株)「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）報告書」平成 24 年 3 月

⁴⁵ 神鋼リサーチ(株)「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）報告書」平成 24 年 3 月

環境省が平成 23 年度に実施した調査⁴⁶において、電池（筒型乾電池、ボタン形電池、小型二次電池）の回収量については、回収を実施している市町村の一部から回答があった。平成 22 年度において不燃・可燃ごみ以外として回収された電池が 13,933 トン（回答市町村数：1,027）で、回収量を回答しなかった不燃・可燃ごみ以外として回収している市町村の人口を勘案して、全国ベースで回収量を推計すると 15,278 トン（13,933 トン×97,766,688/89,162,639 人）となる。不燃ごみとして回収された電池は 213 トン（回答市町村数：14）、可燃ごみとして回収された電池は 5 トン（同：3）で、不燃・可燃ごみ以外として回収している量を加えた合計 14,152 トンをもとに、全国ベースで回収量（一般廃棄物としての排出量）を推計すると 19,812 トンとなる（14,152 トン×129,099,603 人/92,218,202 人）。

表 3.3.18 市町村による電池回収量（平成 22 年度）

回収方法	電池回収量 (トン)	回収量回答市 町村数及び対 象人口	当該回収方法で回収している市町村数及び対象 人口		
			乾電池	ボタン形電池	小型二次電池
不燃・可燃ごみ以外 として回収	13,933	1,027 (89,162,639 人)	1,296 (97,766,688 人)	1,065 (81,070,734 人)	523 (74,996,565 人)
不燃ごみとして回 収	213	14 (2,975,847 人)	268 (不明)	168 (不明)	165 (不明)
可燃ごみとして回 収	5	3 (79,716 人)	24 (不明)	17 (不明)	18 (不明)
計	14,152	909 (92,218,202 人)	—	—	—

➤ 処理・処分

処理委託の場合、大きく分けて、全都清のルートとそれ以外のルートで処理される。全都清ルートは、全都清が「使用済乾電池等の広域回収・処理連絡会」を設置し、全国の市町村を対象に「乾電池等の広域回収・処理計画」により分別・収集された使用済乾電池・蛍光管を運搬、処理・処分するシステムを昭和 61 年度から実施しているもので、平成 22 年度における乾電池回収団体数（市町村、組合）は 209、回収量は 5,304 トンとなっている⁴⁷。

全都清ルートでの処理・処分方法は、市町村内で収集した乾電池を水銀回収施設に送り、中間処理、水銀回収を行っている。平成 22 年度には、全都清ルートで処理された乾電池 5,034 トンから 49kg の水銀が回収された（ボタン形電池は含まない）。また全都清ルートの乾電池を含めて、国内の 1 事業所において一般廃棄物の電池類（11,200 トン、ボタン形電池を含む）から回収された水銀は 193kg である⁴⁸。

全都清ルート以外で処理される電池（13,933－5,034＝8,899 トン）の処理の内訳、水銀回収量は不明である。

⁴⁶ (株)東和テクノロジー「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

⁴⁷ 社団法人全国都市清掃会議（2011）平成 22 年度使用済乾電池等の広域回収・処理計画実施状況報告、<http://www.jwma-tokyo.or.jp/asp/activity/kandenti/houkoku.pdf>

⁴⁸ 平成 24 年度水銀を含む廃棄物の回収および処理に関する調査；環境省環境安全課が実施した産業廃棄物処理業者に対するアンケート調査。

不燃ごみとして回収された電池（213 トン）は埋立、可燃ごみとして回収された電池（5 トン）は焼却されると想定される。一般廃棄物焼却施設から廃金属水銀が中間処理業者に持ち込まれており（平成 22 年度は 7 施設から 308kg、平成 21～23 年度の 3 年間で 450kg）⁴⁹、ボタン形電池を焼却している施設では、水銀回収を行っているところもあると想定される。

5) 産業廃棄物としての廃製品の回収・処分状況

➤ 回収

産業廃棄物としての電池類はマニフェスト上、金属くず、汚泥⁵⁰として収集・運搬される。

環境省調査⁵¹で実施した、市町村から処理委託を受けている事業者に対するアンケート調査の結果、産業廃棄物としての電池類を扱っている 8 社における回収方法としては処理業者が自ら収集運搬（引き取り）する場合のほか、収集運搬業者・中間処理業者が持ち込む場合、排出企業（家電量販店、工場等）が持ち込む場合があり、排出企業が直接持ち込む量が多かった。

表 3.3.19 アンケート回答企業 8 社の電池類の取扱量（平成 22 年度）

排出源	回収方法	取扱量 (kg)
収集運搬業者・中間処理業者	引き取り	11,775
	持ち込み	155,156
排出企業（家電量販店、工場等）	引き取り	34,240
	持ち込み	1,248,621

➤ 処理・処分

平成 24 年度に行われた産業廃棄物処理業者に対するアンケート調査⁵²では、電池類の中間処理を行っている 12 社から回答を得、電池類の処理方法として、セメント固化、焼却、選別・破碎・磁選後金属リサイクル、選別・破碎後焙焼及び水銀回収、といった方法があることがわかった。選別のみを行う処理業者は、その後の処理を委託している。

表 3.3.20 アンケート回答企業 12 社における電池類の処理方法

処理方法	事業所数			中間処理量 (トン)
	乾・ポ	乾のみ	ポのみ	
選別	2	4	0	83
セメント固化	1	0	1	44
焼却・熔融	1	1	0	0.6
選別→破碎→磁選→金属リサイクル	0	1	0	953

⁴⁹ 野村興産(株)へのヒアリング調査結果より（平成 24 年 12 月実施）

⁵⁰ 野村興産(株)へのヒアリング調査結果より（平成 24 年 12 月実施）

⁵¹ (株)東和テクノロジー「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

⁵² 平成 24 年度水銀を含む廃棄物の回収および処理に関する調査；環境省環境安全課が実施した産業廃棄物処理業者に対するアンケート調査

処理方法	事業所数			中間処理量 (トン)
	乾・ポ	乾のみ	ポのみ	
選別→破碎→焙焼→水銀回収→金属リサイクル	1	0	0	1,163

注：表中の「乾」は乾電池、「ポ」はボタン形電池を意味する

電池類からの水銀回収を行っているのは1事業所のみであり、平成22年には産業廃棄物としての電池類から363kgの水銀が回収されている。このうち、ボタン形電池メーカーの自主回収スキームによって回収されたボタン形電池からの水銀回収量は9kgである。

表 3.3.21 産業廃棄物処理業者アンケート調査結果に基づく回収量（2010年度）⁵³

項目	量（トン）
産業廃棄物としての電池類の回収量 (乾電池、ボタン形電池)	2,244
水銀回収が行われた電池類の量	1,163
電池類からの水銀回収量	0.363

(4) 歯科用アマルガム

1) 年間水銀使用量

歯科用アマルガムは、歯の治療に使用される直接充填材で、約40～50%の水銀、25%の銀と25～35%の銅・亜鉛・錫の混合物で構成されている⁵⁴。日本歯科医師会への平成24年度ヒアリング調査によると、歯科アマルガム用水銀の需給は以下のとおりであり、歯科用アマルガムの使用割合は年々減少し、極めて少なく、生産量も減ってきている。

表 3.3.22 歯科アマルガム用水銀の需給（単位：kg）

		00年	01年	02年	03年	04年	05年	06年	07年	08年	09年	10年	11年	12年
供給	生産量	641	549	328	219	220	150	100 — ^{*1} 45 ^{*2}	— ^{*1} 39.3 ^{*2}	30 ^{*2}	24.7 ^{*2}	19.7 ^{*2}	16.4 ^{*2}	7.0 ^{*2*3}
	輸入量	232	113	56	59	94	6	— ^{*1}	— ^{*1}	— ^{*1}	— ^{*1}	— ^{*1}	— ^{*1}	
合計		873	662	384	278	314	156 ^{*4}							
需要	国内出荷	874	664	385	—	315		— ^{*1}	— ^{*1}	— ^{*1}	— ^{*1}	— ^{*1}	— ^{*1}	
	輸出量	—	—	—	—	—	—	— ^{*1}	— ^{*1}	— ^{*1}	— ^{*1}	— ^{*1}	— ^{*1}	

*1) 厚生労働省薬事工業生産動態統計年報

*2) 日本歯科材料工業協同組合聞き取り情報

*3) 上半期分

*4) 日本歯科材料工業協同組合資料中のアマルガム生産量より水銀量を算出

⁵³ (株)エックス都市研究所「平成24年度水銀に関する国際的な法的枠組みの検討に係る調査業務報告書」平成25年3月

⁵⁴ 神鋼リサーチ株式会社、「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）報告書」、平成24年3月

2) 代替化の動向

国内で歯科用アマルガムを使用しているのは一部の医師であり、歯科用アマルガムにかかる実技教育は、既にほぼすべての歯科大学で行われておらず、若い歯科医師はほとんど使っていない。日本歯科医師会は、水銀に関する水俣条約の締結に至る経緯等を踏まえ、日本は様々な歯冠修復材料に恵まれており、今後は水銀汚染防止の観点から、歯科用アマルガムの廃絶に向けて取り組んでいくとしている⁵⁵。

3) 条約上の扱い

水俣条約の下では、歯科用アマルガムの使用を段階的に削減するための締約国による措置として、以下の措置から2つ以上の措置を行うことが定められている（附属書A、第II部）。

- (i) 虫歯の予防及び健康の促進を目的とする国の目標を定め、それによって歯科治療の必要性を最小限にすること。
- (ii) 歯科用アマルガムの使用を最小限にするための国の目標を定めること。
- (iii) 歯科治療水銀を含まない代替製品であって、費用対効果が高く、かつ、臨床的に有効なものの使用を促進すること。
- (iv) 歯科治療のための水銀を含まない良質の材料の研究及び開発を促進すること。
- (v) 代表的な専門的機関及び歯科学校が、歯科治療のための水銀を含まない代替製品の使用及び管理のための最良の慣行の促進について歯科の専門家及び学生に教育及び訓練を行うよう奨励すること。
- (vi) 水銀を使用しない歯科治療よりも歯科用アマルガムを使用する歯科治療を有利に扱う保険政策及び保険制度を抑制すること。
- (vii) 歯科治療に関し、歯科用アマルガムの良質の代替製品の使用を有利に扱う保険政策及び保険制度を奨励すること。
- (viii) 歯科用アマルガムの使用を歯科用アマルガムカプセルに限定すること。
- (ix) 水銀及び水銀化合物の水及び土壌への放出を削減するため、歯科用施設における環境のための最良の慣行の利用を促進すること。

4) 廃製品の回収・処分状況

➤ 回収

日本歯科医師会への平成24年度ヒアリング調査によると、アマルガムの固形物や切削粉等は、排水トラップで捕捉される。フィルターを有し、切削粉等を沈殿させる機能の排水トラップが、歯科用ユニットに標準的に装備され、ほとんどの歯科医院に普及している。撤去冠等の金属くずは、別途金属リサイクル回収業者（産業廃棄物の許可業者と同じ場合もある）と契約している場合が、ほとんどである。

産業廃棄物としての歯科用アマルガムはマニフェスト上、金属くずとして収集・運搬される。

⁵⁵ 日本歯科医師会、平成26年1月16日ヒアリング結果及び平成25年9月11日「歯科用アマルガムの使用に関する見解」。

➤ **処理・処分**

歯科用アマルガムは焙焼処理によって水銀が回収される。焙焼工程において湿式排ガス処理＋脱水銀塔を使用し、水銀の放出を防止している。

平成 24 年度に行われた産業廃棄物処理業者に対するアンケート調査⁵⁶によると、歯科用アマルガムからの水銀回収を行っているのは 1 事業者のみであり、平成 22 年には産業廃棄物としての歯科用アマルガム 2,070kg から 0.99 トンの水銀が回収されている。

⁵⁶ 平成 24 年度水銀を含む廃棄物の回収および処理に関する調査；環境省環境安全課が実施した産業廃棄物処理業者に対するアンケート調査

4. 水銀廃棄物の環境上適正な管理に関する検討課題

4.1 廃金属水銀の管理に関する検討課題

4.1.1 再生水銀の利用状況及び輸出状況のレビュー、将来見通し

(1) 再生水銀の国内利用状況

水銀添加製品の国内生産に用いられる水銀量は、表 4.1.1 のとおり 8 トン程度であるが、うち、ランプ類の製造に用いられる水銀は化合物として輸入されているため、約 5 トンの再生水銀が製品製造用に使用されていると想定される。

表 4.1.1 水銀添加製品の国内生産に用いられる水銀量

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

(2) 再生水銀の輸出状況

過去 10 年間の我が国からの水銀及び水銀化合物の輸出状況を表 4.1.2 に示す。近年の最大の水銀輸出先はインドとなっており、韓国、台湾、シンガポール以外は開発途上国向けとなっている。

また、水銀化合物については、当該物質の HS コードが設定された 2007 年には 150 トン以上の輸出があったが、その後急激に減少し、2012 年の輸出はゼロとなっている。

表 4.1.2 我が国からの水銀の輸出先国別輸出量（単位：kg）

輸出相手国	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
韓国	690	-	4,330	2,070	2,898	2,691	1,956	645	5,257	1,272
中国	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
台湾	20	-	5	-	5	-	5	-	510	1,657
香港	600	190	5,175	69,000	58,650	25,875	27,600	-	8,624	-
ベトナム	450	975	1,070	1,070	1,070	2,141	535	2,854	1,906	2,191
タイ	-	-	-	-	1,785	5,278	765	966	-	204
シンガポール	2	-	-	-	10,350	18,975	54,200	27,600	20,355	17,595
マレーシア	-	-	1,725	-	127	-	-	-	-	-
フィリピン	-	-	4,312	8,626	-	-	3,450	-	-	-
インドネシア	800	810	870	956	2,063	1,582	830	1,272	819	523
ミャンマー	-	-	-	17,250	10,350	20,700	10,350	-	-	-
インド	17250	17,250	25,875	17,250	-	19,320	5,175	15,525	37,950	43,125
バングラデシュ	250	700	2,484	-	2,484	200	-	200	1,890	204
イラン	1050	-	510	98,670	100,050	510	-	612	5,775	600
UAE	-	138	206	-	-	-	-	-	-	-
オランダ	51750	52,020	69,000	17,250	51,750	17,250	8,970	17,250	-	-
ドイツ	-	-	-	1035	-	-	-	2,009	-	-
スイス	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-
ハンガリー	-	-	-	30,800	-	-	-	-	-	-
ブラジル	-	-	-	-	2,070	-	5,175	-	-	5,864
ペルー	-	-	-	-	-	-	10,350	-	-	-
エジプト	1,950	900	-	-	1,500	-	-	3,000	-	1,500
ケニア	-	-	4,140	-	-	862	-	-	-	-
ポーランド	-	-	-	-	-	-	-	-	8,625	-
コロンビア	-	-	-	-	-	-	-	-	4,312	8,624
パキスタン										487
合計	74,812	72,988	119,702	263,977	245,152	115,384	129,361	71,933	96,023	83,846

表 4.1.3 我が国からの水銀化合物の輸出先国別輸出量（単位：kg）

輸出相手国	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
韓国	2,416	6,333	10	306	20	-
中国	356	-	130	-	-	-
台湾	8,869	3,605	177	44	-	-
香港	406	9	306	-	-	-
シンガポール	11,626	7,480	-	-	-	-
インド	-	-	496	-	-	-
オランダ	5,046	2,091	-	-	-	-
ドイツ	30,450	25,184	-	-	0	-
イタリア	34	-	-	-	-	-
カナダ	5,617	3,222	-	-	-	-
米国	84,411	59,177	2,625	2,914	1,863	-
ブラジル	140	-	-	-	-	-
オーストラリア	1,994	2,326	-	-	-	-
合計	151,365	109,427	3,744	3,264	1,883	-

金属水銀を輸出している事業者へのヒアリングの結果、輸出先国での用途として以下が把握された。

表 4.1.4 金属水銀輸出先国での用途（例）

国名	水銀用途
インド	血圧計、体温計、薬（マーキュロクロム）
シンガポール	ランプ
ミャンマー	ランプ
コロンビア	歯科用アマルガム

（３） 再生水銀の今後の見通し

１） 国内需要

水俣条約の規定に従い、日本が条約の下で 2020 年までに製造が禁止される水銀添加製品を製造しなくなったと仮定し、2030 年における水銀添加製品の国内生産に用いられる水銀量を推計すると、2010 年のほぼ半量になると想定される（表 4.1.5 参照）。なお、酸化銀電池の水銀フリー製品への代替が想定よりも進んだ場合、空気亜鉛電池の代替フリー製品が開発された場合、工業用計量器の水銀フリー製品への代替が進んだ場合は、1.6 トンより少ない数値となる。また、計量器は、水銀を含まない適当な代替製品が利用可能でない場合において大規模な装置に取り付けられたもの又は高精密度の測定に使用されるものは使用禁止措置の例外となるが、現時点では何が例外となるか特定できないことから、校正用を除いて需要ゼロとした。

表 4.1.5 水銀添加製品の国内生産に用いられる水銀量

品目		水銀使用量（t-Hg）		2030 年の使用量の想定
		2010 年	2030 年（推計）	
ボタン電池	アルカリボタン	0.103	0	条約により製造禁止
	酸化銀	0.378	0.265	2011 年の 50%（529 百万個） 2011 年～2013 年は販売量増加。
	空気亜鉛	0.515	0.142	過去 10 年の出荷量の平均 5900 万個
乾電池（水銀使用）		0	0	条約により製造禁止
工業用計量器	ガラス製水銀温度計	0.38	0	条約により製造禁止（例外あり）
	水銀充満式温度計	0.36	0	条約により製造禁止（例外あり）
	基準液柱型圧力計	0.021	0.021	2010 年と同等
	高温用ダイヤフラムシール圧力計	0.046	0	条約により製造禁止（例外あり）
	液柱型水銀気圧計	0.04	0.04	2010 年と同等
医療用計測器	水銀体温計	0	0	条約により製造禁止
	水銀血圧計	1.9	0	条約により製造禁止
電気スイッチ・リレー		0	0	条約により製造禁止
歯科用水銀		0.020	0	日本歯科医師会の廃絶方針
医薬品	ワクチン保存剤	微量	微量	

品目		水銀使用量 (t-Hg)		2030年の使用量の想定
		2010年	2030年 (推計)	
無機 薬品	銀朱硫化水銀	1.1	1.1	条約の適用外
	水銀化合物	0.068	0.068	2010年と同等
合計		5.0	1.6	

2) 海外需要

全世界における水銀需要（2007年推計値）は、約3,000～4,700トン程度と推計されている。このうち、水俣条約の発効により、2030年には、塩素アルカリ生産、スイッチ製造に用いられる水銀はゼロに、塩ビモノマー製造（VCM）に用いられる水銀量は半減すると想定され、約900～1200トンの需要が削減される。このほか、削減が予定されている用途において、2007年の使用量から半減すると想定すると、総需要は1030～1745トン程度となると推計される。

表 4.1.6 全世界における水銀使用量推計値

	2007年		2030年		2030年の想定（条約の規定）
	最小値	最大値	最小値	最大値	
小規模金採 鉱（ASGM）	650	1,350	?	?	削減目標、鉱石全体のアマルガム化を廃絶するための措置を行動計画に含める
塩ビモノマ ー（VCM）	800	1,000	400	500	2020年までに単位生産量当たり水銀使用量を2010年の50%に削減
塩素アルカ リ	400	500	0	0	2025年までに廃絶
電池	200	400	?	?	アルカリボタン電池は2020年までに生産禁止、その他のボタン電池は2%未満なら生産可能
歯科用	250	350	?	?	削減のため2以上の措置をとる
計測器	250	350	?	?	2020年までに例外を除いて生産禁止
照明	110	140	?	?	一定量以上のランプ類は生産禁止
スイッチ	100	200	0	0	2020年までに廃絶
その他	200	400	?	?	2018年までにアセトアルデヒド製造での使用禁止、ナトリウム又はカリウムのメチラート又はエチラート製造での水銀使用は2020年において2010年比50%削減、ポリウレタン製造での水銀触媒使用は条約発効後10年以内に廃絶、化粧品・駆除剤・殺生物剤・局所消毒剤は2020年までに生産禁止
計	2960	4690	?	?	

*ポリウレタンエラストマー、塗料、試験研究、医薬品、文化的利用

出典：2007年の数値は、Maxson, P. (2010): Personal communication for the update of the UNEP 2005 mercury trade report.

4.1.2 バーゼル条約技術ガイドラインのレビュー

バーゼル条約水銀廃棄物の環境上適正な管理に関する技術ガイドラインにおいて、金属水銀の管理については、次のように記載されている。

表 4.1.7 バーゼル条約技術ガイドラインにおける金属水銀の管理

パラ番号	記載内容の概要
金属水銀 廃棄物の 回収 122	金属水銀からなる廃棄物（塩素アルカリ施設からのもの等）は、量及び取扱を誤った場合の有害性という点で他の水銀廃棄物と異なる。大量の金属水銀は、指定された保管又は処分施設に送る前に、適切な容器に入れなければならない。
金属水銀 廃棄物の 保管 143～145	<ul style="list-style-type: none"> 金属水銀廃棄物の容器はそれ専用に設計されたものとし、次の要件を満たすべき：(1)以前保管されていた物質からの被害がなく、水銀と反応しない、(2)容器全体に損傷がない、(3)過大な腐食がない、(4)腐食防止のための保護皮膜を有する 保管容器は地上に直接ではなくパレットの上に垂直に置くべきであり、保管区域の通路は立ち入り検査、機械、緊急時の道具が通るのに十分な広さを確保すべき。床はエポキシ樹脂でコーティングし、水銀の漏れが容易に認識できるよう、淡い色とし、亀裂などがどうか頻繁に検査すべき。床は排水溝や配管によって貫通してはならない。壁材は、水銀蒸気を吸収しない材質を選択すべき。 保管の際の水銀純度はできる限り高めるべき。99.9%超を推奨する。
水銀回収 作業 152	水銀回収の例としては、破損の際容易に水銀が環境中に放出される水銀添加製品（水銀含有ランプ、水銀含有計量器（温度計、血圧計、圧力計）、水銀スイッチ及びリレー）及び非鉄金属製錬の湿式排煙処理スラッジなど高濃度の水銀汚染廃棄物がある。米国では、廃棄物からの水銀回収に関する基準が定められており、 Land Disposal Restrictions に基づき、総水銀濃度 260mg/kg を超える場合は、水銀回収が義務付けられる。
金属水銀 の回収に つながら ない作業 172	<ul style="list-style-type: none"> 廃金属水銀及び水銀含有廃棄物は、処分前に、処分施設の受入基準を満足するように処理すべきである。廃金属水銀は、処分前に固化又は安定化すべきである。廃棄物処分は、国及び地方自治体の法令に従って実施すべきである。 金属水銀の回収につながらない作業としては、物理化学処理（安定化・固化、土壌洗浄、酸抽出）及び管理された処分場への処分がある。
安定化・固 化 173～186	<ul style="list-style-type: none"> 廃金属水銀及び水銀汚染物に適用される化学的アプローチは、硫化水銀への化学的転換と合金化である。水銀の硫化水銀への転換が 100%に近ければ、十分なリスク削減が可能であるが、そうでなければ合金の場合と同様に水銀の揮発や溶出が起こる。 金属水銀が抽出される辰砂は、自然界における水銀の最もよく見られる存在形態であることから、金属水銀の硫化は、最も重要でよく研究されたアプローチ

パラ番号	記載内容の概要
	<p>である。硫化水銀はできれば地下施設に処分されるべきである。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 硫黄ポリマー安定化プロセスは、最終生成物の表面積が小さく岩石状となることから水銀の揮発と溶出が抑制されるという長所を持つ、硫黄による安定化の改良版である。プロセス中に揮発ロスが予想されることから、工学的管理が必要である。 • 合金化は固化技術の一つであるが、合金から水銀は揮発及び溶出しやすいため、合金が技術はカプセル化技術との組み合わせで用いられる。
処分 188～192	<p>安定化、固型化の後、特別設計埋立地（specially engineered landfill）の受け入れ基準を満たす水銀含有廃棄物又は水銀汚染廃棄物は、当該埋立地に処分できる。特別設計埋立地は、漏れ、環境汚染を防止するため、立地選定、設計、建設、埋立地の操業、モニタリングに関する特定要件を満たすべきである。立地選定、設計、建設、埋立地の操業、モニタリングのプロセスと同様に、管理及び監督の手続きも適用されるべきである。特に、浸出水の土壌浸透から地下水を保護するための措置に注意が払われなければならない。</p>

4.1.3 廃金属水銀の運搬・保管方法

（１） 水銀を含む危険物や金属水銀の運搬・保管に関する国内外の情報のレビュー

水銀を含む危険物や金属水銀の運搬・保管⁵⁷に関する国内外の基準等としては、以下のものがある。これらの概要は、参考資料2のとおりである。

表 4.1.8 水銀の運搬・保管に関する国内外の基準等

区分	名称（作成年）	策定主体	特性
国際事例	バーゼル条約水銀廃棄物の環境上適正な管理に関する技術ガイドライン（2011年）	バーゼル条約締約国（第10回締約国会議で採択）	バーゼル条約の締約国が、水銀廃棄物の環境上適正な管理（処分のための保管）を行う上で参考とするもの
	国連危険物輸送に関する勧告第18版（2013年）	国連経済社会事会の下に設置された危険物輸送ならびに化学品の分類および表示に関する世界調和システムに関する専門家委員会	危険物の輸送の規制に関与する政府機関及び国際機関に対して出されたもの
国内事例	廃棄物処理法（1970年）	昭和45年12月25日法律第137号（最終改正：平成25年11月27日法律第86号）	産業廃棄物の運搬、保管に関する基準を定めている

⁵⁷ 保管には運搬が伴うため、ここでは運搬も対象としている。

区分	名称（作成年）	策定主体	特性
	毒物及び劇物取締法（1950年）	昭和25年12月28日法律第303号（最終改正：平成23年12月14日法律第122号）	毒物及び劇物について、保健衛生上の見地から必要な取締を行うことを目的としたもの
	危険物船舶運送及び貯蔵規則（1957年）	昭和32年8月20日運輸省令第30号（最終改正：平成24年12月28日国土交通省令第91号）	船舶安全法に基づき、船舶による危険物の運送及び貯蔵並びに常用危険物の取扱い並びにこれらに関し施設しなければならない事項及びその標準を定めたもの
	指定化学物質等取扱事業者が講ずべき第一種指定化学物質等及び第二種指定化学物質等の管理に係る措置に関する指針（2000年）	平成12年3月30日環・通告1（改正：平成24年4月20日経・環告7）	化管法に基づく、第一種指定化学物質（水銀及び水銀化合物を含む）等の管理に係る措置に関する指針（化学物質管理指針）。貯蔵（入出荷、移送、分配を含む。）工程の対策 ⁵⁸ を含む。
	水質汚濁防止法（1970年）	昭和45年12月25日法律第138号（最終改正：平成25年6月21日法律第60号）	有害物質を貯蔵する施設（有害物質貯蔵指定施設）の構造、設備及び使用方法を定め、その遵守を求めている。
他国事例	EU 埋立指令改正（2011年）	欧州連合理事会による採択（2011/97/EU）	水銀輸出禁止規則の施行に伴って発生する余剰水銀を1年以上にわたって一時的に保管される廃棄物とみなされる金属水銀の保管基準（処分のための保管）
	EU 廃棄物枠組み指令（2008年）	欧州連合理事会による採択（2008/98/EC）	有害廃棄物の運搬に関する事項を含む
	米国金属水銀の長期保管に関する暫定ガイドランス（2009年）	米国エネルギー省が環境保護庁、影響を受ける州の政府と協議して作成（オークリッジ国立研究所準備）	水銀輸出禁止法の施行に伴って発生する余剰水銀の梱包、輸送、授受、管理、長期保管に関する暫定ガイドランス

⁵⁸ 原燃料、製品等の貯蔵、移送又は分配を行う場合においては、貯蔵施設、移送設備等からの漏えい、飛散、揮発等による指定化学物質の環境への排出を抑制するため、貯蔵タンク等の施設及び設備の密閉化、物質の入出荷ロスの防止その他の必要な措置を講ずること。

(2) 廃金属水銀の運搬・保管の方法

金属水銀の運搬・保管に関する国内外の規定を参考として、廃金属水銀の環境上適正な運搬・保管の方法を以下のように整理した。

表 4.1.9 廃金属水銀の運搬方法

項目		廃金属水銀の 環境上適正な運搬方法	廃棄物処理法令に定めるべき要件 [特管産廃の運搬基準] ※下線部が追加要件
容器または被包の使用		<ul style="list-style-type: none"> 適切な容器に収納し、ラベルを付ける 容器に他の物を入れない 容器は密閉する 容器に水銀残渣を付着させない 	<ul style="list-style-type: none"> <u>容器に入れ密封すること</u>
容器	一般規定	<ul style="list-style-type: none"> 温度・湿度・圧力変化による破損や漏れがないもの 水銀と接触する部分は、内面塗装等を施す ガラス製容器等は緩衝材により保護する 	<ul style="list-style-type: none"> 飛散・流出・悪臭の漏れがないもの
	材質	<ul style="list-style-type: none"> 危険物船舶運送著属規則（UN 勧告）の包装要件に従う 	<ul style="list-style-type: none"> <u>損傷しにくいこと</u>
	形状	<ul style="list-style-type: none"> 同上 	<ul style="list-style-type: none"> <u>収納しやすいこと</u>
	収納方法	<ul style="list-style-type: none"> 密閉して収納 収納率 98%、55℃における水銀容積で容器内に空間を残す 他の物と混合収納しない 閉鎖具は上へ向けて保管する 	<ul style="list-style-type: none"> <u>容器に入れ密封すること（再掲）</u>
	性能試験	<ul style="list-style-type: none"> UN 勧告の性能試験に適合したものであること 収納前に検査を行う 	
	容器への表示	<ul style="list-style-type: none"> UN 勧告に従ってラベル付け 	<ul style="list-style-type: none"> 収集運搬物の種類や取扱い時の注意事項を記載した文書を携帯（又は運搬容器に表示）
運搬	一般規定	<ul style="list-style-type: none"> 動揺・摩擦の防止 	<ul style="list-style-type: none"> 飛散し、及び流出しないようにすること
	車両		<ul style="list-style-type: none"> 飛散・流出・悪臭の漏れがないもの
	積載の態様	<ul style="list-style-type: none"> 他の物との混合防止 落下、転倒、破損の防止措置を図る 収納口を上に向ける 積重ね高さ 3m 以下 車両の長さ・幅を超えないように積載 容器への日光直射や雨水浸透を防止 	<ul style="list-style-type: none"> 他の物との混合防止（他と区分）
	車両への表示	<ul style="list-style-type: none"> 運搬車両の外側に危険物の警告を表示 	<ul style="list-style-type: none"> 運搬車両（船舶）外側に必要事項表示

項目		廃金属水銀の 環境上適正な運搬方法	廃棄物処理法に定めるべき要件 [特管産廃の運搬基準] ※下線部が追加要件
			<ul style="list-style-type: none"> 運搬車両（船舶）に必要書面を備付け
情報管理	荷運人の 通知義務	<ul style="list-style-type: none"> 運搬委託時に、運送人に、危険物明細書（毒物名称、UN 番号、数量、事故時の措置等を記載したもの）を提出 	<ul style="list-style-type: none"> 産業廃棄物管理票の交付
必要な措置	環境保全 措置	<ul style="list-style-type: none"> 揮発及び環境の漏えいに特に注意 他の廃棄物と混合しない 有害物質の環境への明らかな排出をしない 包装の有効性は、一般的な温度・湿度・圧力変化や振動で低下してはならない 	<ul style="list-style-type: none"> 飛散・流出防止 収集運搬に伴う悪臭・騒音・振動による生活環境保全上の支障の防止 人健康または生活環境の被害の防止
	事故時の 措置	<ul style="list-style-type: none"> 緊急時対策を事前に作成 漏れ等により不特定多数に危害が生ずる恐れがある時は、直ちに届出 水を利用して漏えいした水銀の拡散を行ってはならない 	

表 4.1.10 廃金属水銀の保管方法

項目		廃金属水銀の 環境上適正な保管方法	廃棄物処理法に定めるべき要件 [特管産廃の保管基準] ※下線部が追加要件
容器	一般規定	<ul style="list-style-type: none"> 飲食物容器の使用禁止 水銀が飛散・漏れ・しみ出るおそれのないもの 密閉できるもの 他の廃棄物と分別保管 受け皿に保管 	<ul style="list-style-type: none"> 容器に入れ密封すること
	材質	<ul style="list-style-type: none"> 炭素鋼又はステンレス鋼 	
	形状	<ul style="list-style-type: none"> 気密性・液密性を持つ 外装容器は、保管条件に対して耐久性を持つ 	
	収納方法	<ul style="list-style-type: none"> 55℃における水銀容積で容器内に空間を残す 	
	性能試験	<ul style="list-style-type: none"> UN 勧告の性能試験に適合したものであること 収納前に検査を行う 	
	容器への表示	<ul style="list-style-type: none"> 危険物等級の標識、品名、UN 番号等を表示 	
保管施設	一般規定	<ul style="list-style-type: none"> 保管施設に施錠できる 	<ul style="list-style-type: none"> 周囲に囲いの設置

項目		廃金属水銀の 環境上適正な保管方法	廃棄物処理法に定めるべき要件 〔特管産廃の保管基準〕 ※下線部が追加要件
		<ul style="list-style-type: none"> 施設へのアクセス者を制限 十分な容積と通路空間を設ける 全天候型の施設 水銀と物理的・化学的反応が起きないように設計 	<ul style="list-style-type: none"> 屋外保管時の積上制限 飛散・流出・地下浸透・悪臭の防止 害虫発生防止
	施設容積	<ul style="list-style-type: none"> 保管する水銀量に適した容積を持つ 	
	床	<ul style="list-style-type: none"> 水銀耐性のシーリング剤で被覆 水だめを持つ傾斜を付ける 	<ul style="list-style-type: none"> 排水溝、底面を不浸透性の材料で覆う
	防火対策	<ul style="list-style-type: none"> 防火システム、換気システムを設置 	
	保管方法	<ul style="list-style-type: none"> 全ての容器が即座に取り出せる配置 パレットの上に垂直に置く 	<ul style="list-style-type: none"> 他の物の混入防止 <u>高温にさらされないために必要な措置</u>
	保管施設への表示	<ul style="list-style-type: none"> 保管室入口に、有害性の警告を表示 	<ul style="list-style-type: none"> 見やすい場所に必要事項を掲示 保管数量を表示する。
情報管理		<ul style="list-style-type: none"> 保管水銀のインベントリーを作成・更新 	<ul style="list-style-type: none"> 保管する産業廃棄物の種類等を都道府県へ届け出 処理を委託する場合は、廃棄物の種類、数量、性状、荷姿、取扱の際注意すべき事項を文書で通知。また、引き渡す際、量を情報処理センターへ登録 処分業者は処分量を帳簿に記載
必要な措置	事故時の措置	<ul style="list-style-type: none"> どのような漏れも環境への著しい悪影響をもたらすとみなす 適切な保護具・保護装置等の準備 危機管理計画書の作成 施設内に権限を持つコーディネーターが常駐 漏えい時は、水銀に特化した掃除機又はスポンジで吸収 漏れは迅速に清掃 水を利用して漏えいした水銀の拡散を行うことは揮発を促進するため、行ってはならない 	
	点検・監視	<ul style="list-style-type: none"> 保管場所の目視点検は週1度実施 積み下ろし場所は毎日点検 点検周期について定めた文書を作成 訓練を受けたものが点検を実施し、記録する 漏えい確認時は直ちに対策を実 	

項目	廃金属水銀の 環境上適正な保管方法	廃棄物処理法に定めるべき要件 [特管産廃の保管基準] ※下線部が追加要件
	施	
保管期間		・やむを得ない期間 (処分のための保管)
保管数量		・処理能力の 14 日分 (処分のための保管)

4.1.4 安定化・固型化技術の試験結果の整理と評価

(1) 平成 23 年度～25 年度の試験結果概要

平成 23 年度、24 年度において、金属水銀を黒色又は赤色硫化水銀とし、その後複数の材料（硫黄ポリマー、ポルトランドセメント、低アルカリセメント、化学結合リン酸塩セラミクス）で固型化し、溶出試験（水系汚染ポテンシャルを評価）及びヘッドスペース分析（大気系汚染ポテンシャルを評価）を行った結果、以下が把握された。

- 水銀純度 99.9%以上の水銀を赤色硫化水銀又は黒色硫化水銀とし、硫黄ポリマー又は低アルカリセメントで固化したものは、管理型処分場の受入基準を満たす。また同時に、タンクリーチング試験の結果は水質環境基準以下であり、ヘッドスペース分析の結果も作業環境評価基準より十分低い値であった。
- 水銀純度 97%の水銀は赤色硫化水銀にすることは不可能であった。また、当該純度の水銀を黒色硫化水銀とした場合、溶出試験は管理型処分場の受入基準を満足しなかった。
- 普通ポルトランドセメントで固型化した赤色硫化水銀、黒色硫化水銀は、13 号試験の結果は管理型処分場の受入基準を満足したが、タンクリーチング試験の結果は水質環境基準を超過しており、セメント中のアルカリ分が硫化水銀からの水銀溶出を促進した可能性が推測された。
- セメントのアルカリ分の影響を抑えるため、ポルトランドセメントの代わりに低アルカリセメントを用いた場合は、タンクリーチング試験の結果も水質環境基準以下となった。

平成 25 年度においては、金属水銀の安定化・固型化方法として、純度 99.9%の水銀を乾式で黒色硫化水銀とし、その後硫黄ポリマー又は低アルカリセメントによる固化を行い、溶出試験（13 号試験、タンクリーチング試験）、ヘッドスペース分析を実施した。また、長期的安定性の評価のための試行として、硫黄ポリマーによる固型化物は硫黄酸化細菌による劣化、低アルカリセメントによる固型化物は硫酸塩による劣化を行った上で溶出試験及びヘッドスペース分析を実施した（参考資料 3 参考）。試験結果は以下のとおりであった。

- 硫黄ポリマー固化体は、13 号試験、タンクリーチング試験も関連基準を満足した。
- 低アルカリセメントによる黒色硫化水銀の固型化物については、A 社セメント固化体は昨年と同様、13 号試験、タンクリーチング試験とも関連基準を満足したが、B 社セメント固化体

は、どちらも関連基準を満たさなかった。

- 以上のことから、純度 99.9%の水銀を黒色硫化水銀とし、硫黄ポリマーで固型化する方法が廃金属水銀の中間処理方法として最も有力である。ただし、この結果は処理直後に行った溶出試験の結果に基づくものであり、処理物の長期的な安定性への留意が必要である。

(2) 安定化・固型化技術の試験内容及び結果

1) 試験方法

金属水銀の安定化・固型化技術として、純度 99.9%の水銀を乾式で黒色硫化水銀とし、その後硫黄ポリマー又は低アルカリセメントによる固化を行い、評価を行った結果を以下に示す。

表 4.1.11 金属水銀の安定化・固型化技術の試験の概要

	安定化・固型化方法	試験方法
硫化（黒色硫化水銀）＋硫黄ポリマー化	<ul style="list-style-type: none"> • 純度 99.9%の金属水銀 121g、粉末硫黄 21g を遊星ミル用粉碎ポットに入れ、遊星ミルで 400rpm・20 分間の混合攪拌を行って黒色硫化水銀とした後、磁製ボールと共に磁製ポットに入れ、50rpm・1 時間の混合均質化処理を行った。 • 黒色硫化水銀 750g、改質硫黄 750g を磁性ポットに入れ 50rpm・1 時間の混合処理を行い、反応容器に入れ、混練器にセットした後、反応器を 2kPa まで減圧し、0.5L/min で窒素ガスを流しながら攪拌羽根の回転を 25rpm に調整して、130℃ まで昇温させ、1 時間攪拌し、試料を鑄込んだ。 	<ul style="list-style-type: none"> • 13 号試験（10g の円柱×5 個×3） • タンクリーチング試験（40g の円柱×1） • ハットスペース分析（10g の円柱×1）
硫化（黒色硫化水銀）＋低アルカリセメント固型化（A 社）	<ul style="list-style-type: none"> • 硫化は同上 • セメント 800g とイオン交換水 400g を投入し 50 rpm で 1 分間攪拌した後、均質化処理した黒色硫化水銀 800g を投入し 1 分間攪拌し、回転数を 100rpm に上昇して 5 分間攪拌混練した。攪拌を止めて 2 分間放置した後、再度 1 分間攪拌しモールド缶に注入した。注入時はバイブレーターを使用して内部の気泡を除去し、モールド缶の上端まで充填した。試料を充填したモールド缶はポリエチレン製袋に入れ、密閉状態でインキュベータにて 20℃・5 日間の養生を行った。 	<ul style="list-style-type: none"> • 13 号試験（50g の円柱×3） • タンクリーチング試験（200g の円柱×1） • ハットスペース分析（10g の円柱×1）

	安定化・固型化方法	試験方法
硫化（黒色硫化水銀）＋低アルカリセメント固型化（B社）	同上	同上

2) 溶出試験の結果

廃棄物処理法において、産業廃棄物の埋立処分における判定方法として定められている溶出試験（環境庁告示 13 号試験）及び土壌環境基準の評価方法であるタンクリーチング試験の結果を下表に示す。

表 4.1.12 溶出試験の結果

固化体の種類	13 号試験（H24 年度）		13 号試験（H25 年度）		【参考】タンクリーチング試験	
	水銀濃度 (mg/L)	pH	水銀濃度 (mg/L)	pH	水銀濃度 (mg/L)	pH
硫黄ポリマー 固化体	平均： <u>0.0009</u>	平均： <u>6.78</u>	平均： <u>0.0018</u>	平均： <u>6.08</u>	H24 年度	H24 年度
	①0.0008	① 6.88	①0.0019	① 6.02	0.00017	6.81
	②0.0013	② 6.80	②0.0023	② 6.13	H25 年度	H25 年度
セメント固化 体 (A 社)	③0.0007	③ 6.65	③0.0012	③ 6.10	0.00026	6.15
	平均： <u>0.0012</u>	平均： <u>10.85</u>	平均： <u>0.0029</u>	平均： <u>10.93</u>	H24 年度	H24 年度
	①0.0016	①10.79	①0.0032	①11.11	0.00022	10.80
セメント固化 体 (B 社)	②0.0011	②10.86	②0.0025	②10.86	H25 年度	H25 年度
	③0.0009	③10.90	③0.0031	③10.82	<u>0.00051</u>	10.48
	実施せず		平均： <u>0.0069</u>	平均： <u>10.68</u>	H24 年度	H24 年度
セメント固化 体 (B 社)			①0.0065	①10.70	—	—
			②0.0056	②10.72	H25 年度	H25 年度
			③0.0087	③10.63	<u>0.00620</u>	9.52

注：水銀濃度が基準値（13 号試験 0.005mg/L、タンクリーチング試験 0.0005mg/L）を超えた場合、網かけで表示した。

13 号試験に基づく判定基準値である 0.005mg/L を超える水銀が検出されたのは、B 社セメント固化体のみであった。

セメント固化体に関する溶出試験後の試験液の pH を下表に示す。

表 4.1.13 平成 23 年度から平成 25 年度における溶出試験後の試料液の pH 測定値

試料名	13 号試験			【参考】タンクリーチング試験		
	H23	H24	H25	H23	H24	H25
硫黄ポリマー固化体 (黒色硫化水銀)	6.48	6.75	6.08	5.97	6.85	6.15
セメント固化体 (黒色硫化水銀)	12.00	10.88	A 社 : 10.93	11.90	10.76	A 社 : 10.48
			B 社 : 10.68			B 社 : 9.52

セメント固化体では、A 社のセメントを用いた固化体でのみ、pH が昨年度とほぼ同じ値であったが、B 社のセメント固化体は、いずれの溶出試験においても、昨年度以前の pH よりも小さい値を示した。

硫黄ポリマー固化体に関しては、pH が昨年度以前よりも低い傾向がある。

3) ヘッドスペース分析の結果

作業環境評価方法であるヘッドスペース分析は、揮発等により気相中に移行する濃度を測定するもので、今回の検討では処理物からどの程度の水銀が揮発するのかの目安となる。ヘッドスペース分析の結果を下表に示す。

表 4.1.14 ヘッドスペース分析の結果

合成方法	温度条件 (°C)	水銀濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
硫黄ポリマー固化体	10, 25, 30, 40, 70	いずれも<1
セメント固化体 (A 社)	10, 25, 30	いずれも<1
	40	2
	70	8
セメント固化体 (B 社)	10, 25, 30, 40, 70	いずれも<1

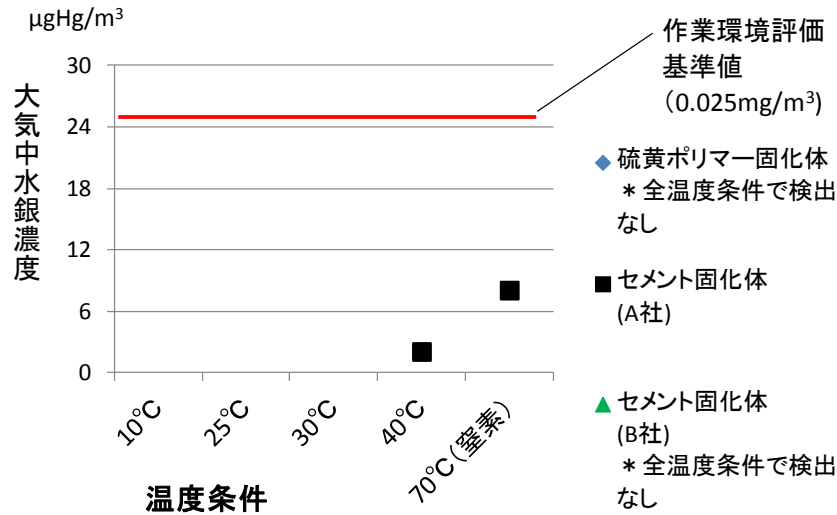


図 4.1.15 ヘッドスペース分析試験結果

今回の試験では、A 社セメント固化体についてのみ、40°C以上の温度条件において水銀の気相への移行が認められ、70°C条件において、作業環境評価基準値を上回った。

4) 今後の課題

今後の課題としては以下が挙げられる。

- 低アルカリセメント固化体は、養生期間が十分ではなかった可能性があるため、養生期間をより長くして試験を行っていることが有益であると考えられる。
- 黒色硫化水銀の粒度分布が均一でないことが、溶出試験の結果に影響を与える可能性があることから、固化体を生成する前に、粒度分布を均一化する方策を検討することが必要である。

(3) 安定化・固型化技術に関する今後の調査研究

安定化・固型化技術に関しては、長期安定性について引き続き検証を行うとともに、今後、水銀処理物の判定基準を念頭に置いた試験方法の検討、水銀漏出防止のための不透水層に関するシミュレーション、実環境を模擬した処分場セルにおける水銀廃棄物の長期挙動調査、スケールアップした硫化・固型化実証試験等が必要であると考えられる。

4.1.5 廃金属水銀の最終処分方法の整理

(1) 処理方法のオプション

これまでの検討結果を踏まえ、廃金属水銀の処理方法としては、以下の4つ（①管理型処分場に硫化+固型化した処理物を処分、②遮断型処分場に金属水銀を鋼製の容器に密封、③遮断型処分場に硫化して容器に封入、④遮断型処分場に硫化+固型化した処理物を処分）が考えられる。

表 4.1.16 処理方法のオプション

管理の形態	処分先	処理方法
最終処分	管理型最終処分場	硫化+固型化（溶出基準を満たす。）
	遮断型最終処分場 （地上の構造物もあり得る。）	オプション1：金属水銀を鋼製の容器に密封* オプション2：硫化して容器に封入 オプション3：硫化+固型化
（参考） 暫定保管	屋内	金属水銀を鋼製の容器に密封

*オプション1の場合は、最終処分ではなく、永続的に管理が必要。

中間処理方法については、これまでの試験結果から、短期的安定性の観点からは「黒色硫化水銀+硫黄ポリマー」が管理型処分場の受入基準を満たしており、廃金属水銀の中間処理方法として有力である。一方、「黒色硫化水銀+低アルカリセメント」については、低アルカリセメントの種類によっては、管理型処分場の受入基準を満足しない場合があることから、引き続き養生方法・期間を変えて検討を行うのが適当である。

最終処分方法については、管理型最終処分場又は遮断型最終処分場への処分が考えられ、以下の処分場の特性を踏まえた処分方法を検討する必要がある。

表 4.1.17 管理型最終処分場及び遮断型最終処分場の特性

評価要素	管理型最終処分場	遮断型最終処分場
環境中への水銀漏出リスク（水、大気）	<ul style="list-style-type: none"> 雨水による溶出の機会あり（雨水流入防止措置を講じれば、溶出は防止される。） 極微量の揮散のおそれあり（埋立完了後にキャッピングすれば、漏出リスクは低減される。） 	<ul style="list-style-type: none"> 埋立期間中は極微量の揮散のおそれあり。 閉鎖後は環境中から隔離されており、漏出の可能性は低い
長期的な水銀漏出リスク	<ul style="list-style-type: none"> 処分場の遮水機能は将来失われる可能性がある。（雨水浸入防止措置等を講ずることにより、水銀漏出リスクは低減される。） 中間処理物の長期安定性が確保されていれば問題ない。 	<ul style="list-style-type: none"> 環境中から隔離された状態で、長期的な管理が見込まれる。 コンクリート構造物が数百年後に劣化する可能性がある（中間処理物の長期安定性が確保されていれば問題ない）
長期管理体制（処分場の廃止）	<ul style="list-style-type: none"> 廃止基準を満たせば廃止可能。ただし、形質の変更は制限できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 現行では、廃止基準が規定されておらず、長期的な

評価要素	管理型最終処分場	遮断型最終処分場
可能性)		管理が見込まれる。
処分場の確保	・ 処分場の主流	・ 残存容量が少なく、新規設置が困難

管理型最終処分場に処分する場合は、水銀処理物の長期安定性の検証を引き続き行う必要がある。また、有機水銀化を防止し、水銀漏出リスクを低減させるため、入念的に以下のような多重防護策を講じることが考えられる（参考：放射性物質汚染対処特措法による上乘せ基準）。

- ・ 他の廃棄物との混埋立の禁止
- ・ 雨水浸入防止措置
- ・ 水銀流出防止措置
- ・ 長期的な埋立記録の保管
- ・ 埋立終了時の不透水層の敷設によるキャッピング
- ・ 処分場廃止後の形質変更の制限
- ・ 処分場廃止後の処分情報の超長期的な保管体制の整備

4.1.6 我が国の水銀排出量の将来予測と水銀処理能力

(1) 水銀排出量の将来予測

1) フローとして発生する廃棄物等に含まれる水銀量

蛍光ランプ類、ボタン形電池、水銀血圧計について、国内出荷量や製品寿命等の条件に基づき、今後の廃製品発生量を推計した（詳細は参考資料4参照）。なお、水銀体温計については製品寿命が設定されておらず、近年国内出荷量が大幅に減少していることから、廃製品発生量は推計していない。2010年の廃製品発生量に含まれる水銀量は約9.2トンであるが、2020年には約1.5トン、2030年には0.3トン程度になると推計された。また、2010年に発生した水銀汚染物等に含まれる水銀量40トン、廃金属水銀に含まれる水銀量8.7トンも参考として示した（表4.1.18参照）。このほか、汚染土壌から回収される水銀も存在する（2010年には汚染土壌から1.5kgの水銀を回収）。

表 4.1.18 フローとして発生する廃棄物等に含まれる水銀量

	品目 年	廃製品発生量(百万個) *水銀血圧計は千個			廃製品重量 (トン)			廃製品発生量に含まれる水銀量 (t-Hg)		
		2010	2020	2030	2010	2020	2030	2010	2020	2030
水銀添加製品	蛍光ランプ (バックライト除く)	350	0.05	0	63千	9.8	0	2.4	0.0004	0
	バックライト	540	0.08	0	5千	0.8	0	1.6	0.0003	0
	空気亜鉛電池	68	59	59	54	47	47	0.16	0.14	0.14
	酸化銀電池	830	268	0	415	134	0	0.41	0.13	0
	水銀血圧計	96	25	3	115	30	3.6	4.6	1.2	0.14

	品目 年	廃製品発生量(百万個) *水銀血圧計は千個			廃製品重量 (トン)			廃製品発生量に含まれる水銀量 (t-Hg)		
		2010	2020	2030	2010	2020	2030	2010	2020	2030
							計	9.2	1.5	0.3
水銀汚染物等	非鉄金属製錬スラッジ	—	—	—	659	—	—	36	—	—
	スラッジ(汚泥・スラリー等)	—	—	—	2千	—	—	3.2	—	—
	ばいじん	—	—	—	73千	—	—	0.14	—	—
	その他	—	—	—	62	—	—	0.0025	—	—
							計	40		
廃金属水銀	廃試薬	—	—	—	0.91	—	—	0.91	—	—
	ポロシメーター等に用いられた水銀	—	—	—	0.69	—	—	0.69	—	—
	ガス田から回収された水銀	—	—	—	0.65	—	—	0.65	—	—
	一廃焼却炉から回収された水銀	—	—	—	0.31	—	—	0.31	—	—
	その他(退蔵品等)	—	—	—	—	—	—	6.11	—	—
							計	8.7		

*非鉄金属製錬スラッジ、スラッジ(汚泥・スラリー等)、ばいじんについては、2010年度のデータを参考に掲載する。

**上記推計にあたっては、以下の製品平均重量及び平均水銀含有量を用いた。

表 4.1.19 水銀添加製品の平均重量及び平均水銀含有量

品目	製品の平均重量	平均水銀含有量	製品中水銀割合
蛍光ランプ類	180g/本 ⁵⁹	6.9mg/本	0.004wt%
バックライト	10g/l/本	3.0mg/本	0.03wt%
空気亜鉛電池	0.8g/個	2.4mg/個	0.3wt%
酸化銀電池	0.5g/個	0.5mg/個	0.1wt%
水銀血圧計	1.2kg ⁶⁰ /台	47.6g/台	4.0wt%

出典：脚注以外は「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

⁵⁹ 平成22年度環境研究総合推進費補助金研究事業結果報告書「循環型社会における回収水銀の長期安全管理に関する研究(K22062)」第6章「家庭を中心とした水銀製品の回収・排出フロー及び退蔵実態に関する調査」京都大学浅利氏研究論文における蛍光管重量調査結果(直管形20W:129g、直管形40W:242g、環形168g)の平均値

⁶⁰ 大手水銀血圧計メーカーが販売している卓上型水銀血圧計3種の平均重量

2) 家庭や事業所等で保有されている水銀添加製品等保有製品等に含まれる水銀量

家庭や事業所等で保有されている水銀添加製品等に含まれる水銀量は、平成 24 年度に公開された「水銀に関するマテリアルフロー（2010 年度ベース）」内の推計結果、業界団体等に対するヒアリング調査結果、既存文献等に基づく推計によると、以下のとおりである。

表 4.1.20 家庭や事業所等における水銀保有量推計結果及び保有数等

品目	保有場所	水銀保有量 (トン)	保有数等 (製品数量、水銀含有量等)	数値の根拠
水銀体温計	家庭	18~21	1,500~1800 万本程度 (水銀含有量 1.2g/本)	既存文献等に基づく推計
	診療所	0.18	15 万本程度	既存文献等に基づく推計
	病院、診療所、教育機関、行政機関	1.9	157 万本程度	マテフロ内推計
水銀血圧計	診療所	12	25 万台程度	既存文献等に基づく推計
	病院、診療所、教育機関、行政機関	26	55 万台程度 (水銀含有量 47.6g/台)	マテフロ内推計
基準液柱型 圧力計	圧力計メーカー、 圧力計校正専門 事業者	約 0.273	圧力計の校正用途、高温用ダイヤフラムシール圧力計等製造用で合計 546kg の水銀在庫。割合は半々程度。	業界団体へのヒアリング調査
歯科用水銀	歯科診療所	0.81		マテフロ内推計
	歯科診療所	—	厚生労働省が調査実施予定	厚労省調査 (予定)
	歯科用水銀メーカー及び小売店	0.5	歯科用水銀メーカーの原料在庫(使用予定なし)、小売店の保有量は不明	業界団体へのヒアリング調査
金属水銀	大学	3.1		マテフロ内推計
	分析機関	0.24		マテフロ内推計
	灯台用回転灯器	7.5	現在運用中の 63 基について、使用中又は保管中の水銀	既存文献
	水銀標的	20	中性子を発生させる標的として J-PARC (大強度陽子加速器施設) が保有	J-PRAC ウェブ サイト
水銀試薬	大学	0.53		マテフロ内推計
	分析機関	0.056		マテフロ内推計
マーキュロ クロム原薬	局所消毒剤利用 製品メーカー	(0.1)	マーキュロクロム原薬(固体)約 1.1 トン(水銀含有量 25 重量%)を保有していたが、2015 年までの生産原料分(100kg)を	局所消毒剤メーカー 1 社へのヒアリング調査

品目	保有場所	水銀保有量 (トン)	保有数等 (製品数量、水銀含有量等)	数値の根拠
			除いて平成 26 年 2 月に処分。社会状況により前倒しで生産中止もあり。	

*農家の納屋に保管されている農薬の中に Hg を含むものがあるかもしれないが推計していない。

これらの廃製品等がどのタイミングで廃棄物として排出されるかは想定できないが、フローとして排出される水銀量の他に、79～82 トン程度が存在する。

3) 最終処分を想定する水銀量

上記の推計に基づき、廃棄物となる可能性のある水銀量は、以下のように想定される。

- フロー（廃製品）：2010～2020年：10トン⇒2トン程度に減少、2030年：1トン未満
- フロー（廃製品以外）：43トン程度
- ストック：80トン程度

水銀を安定化・固型化处理（硫化+硫黄ポリマー化）すると、容量は 11.1 倍となることから、年間 45 トン程度の水銀（13.534g/cm³）を安定化・固型化すると、約 37m³の容量となる。

(2) 水銀処理能力

金属水銀の安定化・固化物の処分施設として、遮断型処分場と管理型処分場の施設能力（残余容量）を以下に整理する。

1) 遮断型処分場の残余容量

平成 14 年度から平成 22 年度までの産業廃棄物遮断型処分場の残余容量の推移を図 4.1.1 に示す。平成 15 年度以降、年間 700～8,000m³ ずつ減少しており、平成 22 年度末の残余容量は 12 千 m³であった。特に、処理業者の処分場の容量が大きく減少している。また、新規の遮断型処分場は近年設置されていない。

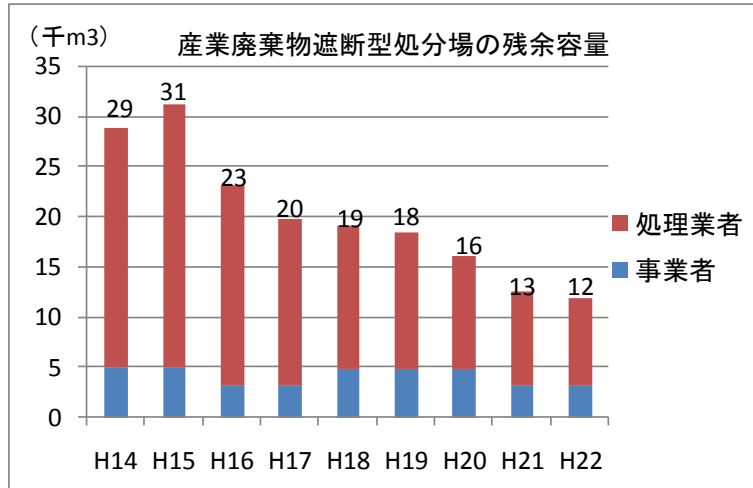


図 4.1.1 遮断型処分場の残余容量の推移

表 4.1.21 遮断型処分場の残余容量の推移

残余容量		遮断型処分場 (単位: 千 m³)								
	年度	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22
遮断型 処分場	事業者	5	5	3	3	5	5	5	3	3
	処理業者	24	26	20	17	14	14	11	9	9
	公共	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計		29	31	23	20	19	18	16	13	12

出典：環境省（平成 24 年 3 月）平成 23 年度事業 産業廃棄物行政組織等調査報告書 平成 22 年度実績

2) 管理型処分場の残余容量

平成 14 年度から平成 22 年度までの一般廃棄物処分場および産業廃棄物管理型処分場の残余容量（海面埋立・水面埋立を除く）の推移を図 4.1.2 に示す。

平成 14 年度以降、残余容量は微減傾向にあり、平成 22 年度末の残余容量は、167 百万 m³であった。

なお、近年、クローズド型の廃棄物処分場の建設が相次いでおり、特定非営利活動法人最終処分場技術システム研究会の把握しているところによると、平成 24 年度末までに供用を開始したクローズド型処分場は、54 箇所 1,746 千 m³である⁶¹。

⁶¹ <http://www.npo-lsa.jp/jisseki/index.html>

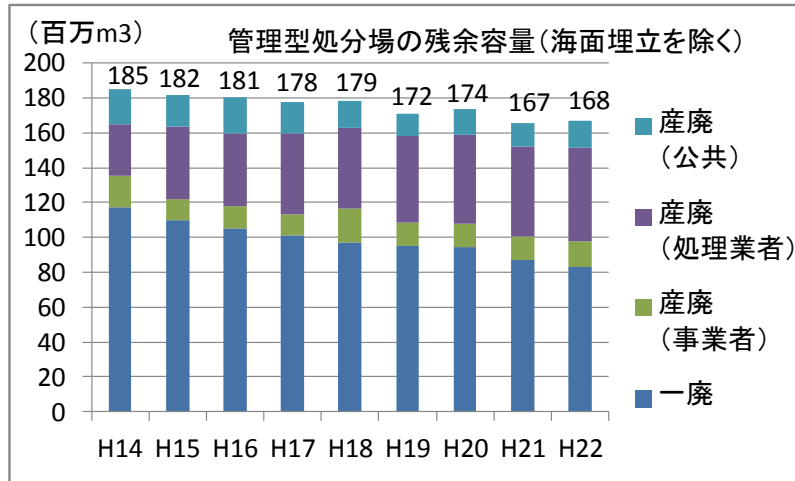


図 4.1.2 管理型処分場の残余容量の推移（海面埋立・水面埋立を除く）

表 4.1.22 管理型処分場の残余容量の推移（海面埋立・水面埋立を除く）

管理型処分場の残余容量		管理型処分場（単位：百万 m ³ ）								
	年度	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22
一般廃棄物最終処分場		117	110	105	101	97	95	94	87	83
産業廃棄物 管理型処分場	産廃 (事業者)	19	12	13	12	19	13	13	14	15
	産廃 (処理業者)	29	41	42	46	46	50	51	51	54
	産廃 (公共 ⁶²)	20	18	21	18	15	13	15	14	15
合計		185	182	181	177	178	171	173	166	167

出典

＜一般廃棄物最終処分場＞環境省の一般廃棄物処理実態調査結果）より、埋立場所が海面・水面の施設の残余容量を引いて算出。

＜産業廃棄物管理型処分場＞環境省（平成 24 年 3 月）「平成 23 年度事業 産業廃棄物行政組織等調査報告書 平成 22 年度実績」より、管理型処分場の残余容量から、海面埋立（内数）の残余容量を引いて算出。

⁶² 公共：国・地方公共団体が設置許可を受けた施設。一般廃棄物と産業廃棄物を処分できる施設においては産業廃棄物のみの残存容量である。

3) 処理施設能力の評価

毎年 45 トン程度の水銀を安定化・固型化して、100 年間処分するとした場合、必要となる容量は 3,700m³である。遮断型処分場の処理業者保有分残余容量(平成 22 年度)は 8,624m³であり、遮断型に処分する場合は、新たな施設建設を想定する必要があると考えられる。産廃用の管理型処分場の処理業者・公共保有分は 69 百万 m³であり、管理型に処分する場合は、容量だけを考慮すれば、新たな施設建設は当面想定する必要はないと考えられる。ただし、どの程度の処分場が実際に水銀処理物を受け入れるかは不明である。

4.2 水銀汚染物の管理に関する課題

4.2.1 バーゼル条約技術ガイドラインのレビュー

バーゼル条約ガイドラインにおいて、水銀汚染物の廃棄物の取り扱いについては、以下のような記述がある。

パラ番号	記載内容の概要
分別 115	水銀を含む又は水銀に汚染された廃棄物は、他の廃棄物と別にして、物理的な破損または汚染がないように収集するべきである。
水銀汚染 廃棄物の 回収 131	下水汚泥、焼却飛灰、焼却残渣など水銀及び他の重金属を含むもので、その水銀濃度が有害廃棄物の基準を超えるものは、別に回収されるべき。
水銀汚染 廃棄物の 保管 146～147	<ul style="list-style-type: none"> 液状廃棄物は、格納トレイか漏えい防止場所に保管すべき。格納要領は、液状廃棄物の容量の少なくとも 125%とすべき。 固形廃棄物は、水銀蒸気を放出しないよう、ドラム缶等のふたのある容器に保管すべき。
熱処理 157～161	<ul style="list-style-type: none"> 下水汚泥や、汚染土壌、もしくは汚染地からのその他の廃棄物のような、水銀を含むもしくは水銀により汚染されている廃棄物で熱処理されるものは、水銀を回収するため、水銀蒸気回収技術を備えていなければならない。 ロータリーキルン精製での処理が必要な廃棄物は、自由流動性で運搬可能でなければならない。
化学的酸 化 166	金属水銀及び有機水銀の化学的酸化は、水銀塩が形成するよう有機物を壊し水銀を変換するために行われる。これは水銀を含んだ液体の処理に効果的。酸化のための試薬は、次亜塩素酸、オゾン、過酸化水素、二酸化塩素、塩素フリー(ガス)。プロセス中に形成する水銀ハロゲン化物は分離後処理され次の処理へと送られる。
化学的沈 殿 167	沈殿は不溶性の固体にするために薬品を使う。溶解性の汚染物質は沈殿しないが、沈殿する物質に吸着する。水銀を水から除去するプロセスは沈殿と共沈の組み合わせを含めることができる。沈殿/共沈したものはそれぞれろ過等により除去される。
吸着処理	<ul style="list-style-type: none"> 吸着処理に使うカラムは吸着面が全て埋まった際には、再生するか、新しいも

パラ番号	記載内容の概要
168～170	<p>のに交換すべきである。</p> <ul style="list-style-type: none"> 選択的樹脂が使用される場合は、吸着のプロセスは不可逆的であり、樹脂は再生させずに有害廃棄物として処理施設において処分すべきである。
安定化・固化 173～186	<ul style="list-style-type: none"> 廃金属水銀及び水銀汚染物に適用される化学的アプローチは、硫化水銀への化学的転換と合金化である。水銀の硫化水銀への転換が 100%に近ければ、十分なリスク削減が可能であるが、そうでなければ合金の場合と同様に水銀の揮発や溶出が起こる。 金属水銀が抽出される辰砂は、自然界における水銀の最もよく見られる存在形態であることから、金属水銀の硫化は、最も重要でよく研究されたアプローチである。硫化水銀はできれば地下施設に処分されるべきである。 硫黄ポリマー安定化プロセスは、最終生成物の表面積が小さく岩石状となることから水銀の揮発と溶出が抑制されるという長所を持つ、硫黄による安定化の改良版である。プロセス中に揮発ロスが予想されることから、工学的管理が必要である。 合金化は固化技術の一つであるが、合金から水銀は揮発及び溶出しやすいため、合金が技術はカプセル化技術との組み合わせで用いられる。
処分 188～192	<ul style="list-style-type: none"> 安定化、固型化の後、特別設計埋立地（specially engineered landfill）の受け入れ基準を満たす水銀含有廃棄物又は水銀汚染廃棄物は、当該埋立地に処分できる。特別設計埋立地は、漏れ、環境汚染を防止するため、立地選定、設計、建設、埋立地の操業、モニタリングに関する特定要件を満たすべきである。立地選定、設計、建設、埋立地の操業、モニタリングのプロセスと同様に、管理及び監督の手続きも適用されるべきである。特に、浸出水の土壤浸透から地下水を保護するための措置に注意が払われなければならない。

4.2.2 水銀溶出量と含有量の関係

(1) 溶出量と含有量に関する文献調査結果

廃棄物中の水銀溶出量と水銀含有量の関係について文献調査を行い、入手したデータを、キレート処理やセメント固化等の中間処理を行っていない廃棄物（以下、未処理物という。）と、処理後の廃棄物に分けて、図 4.2.1、図 4.2.2 にプロットした。

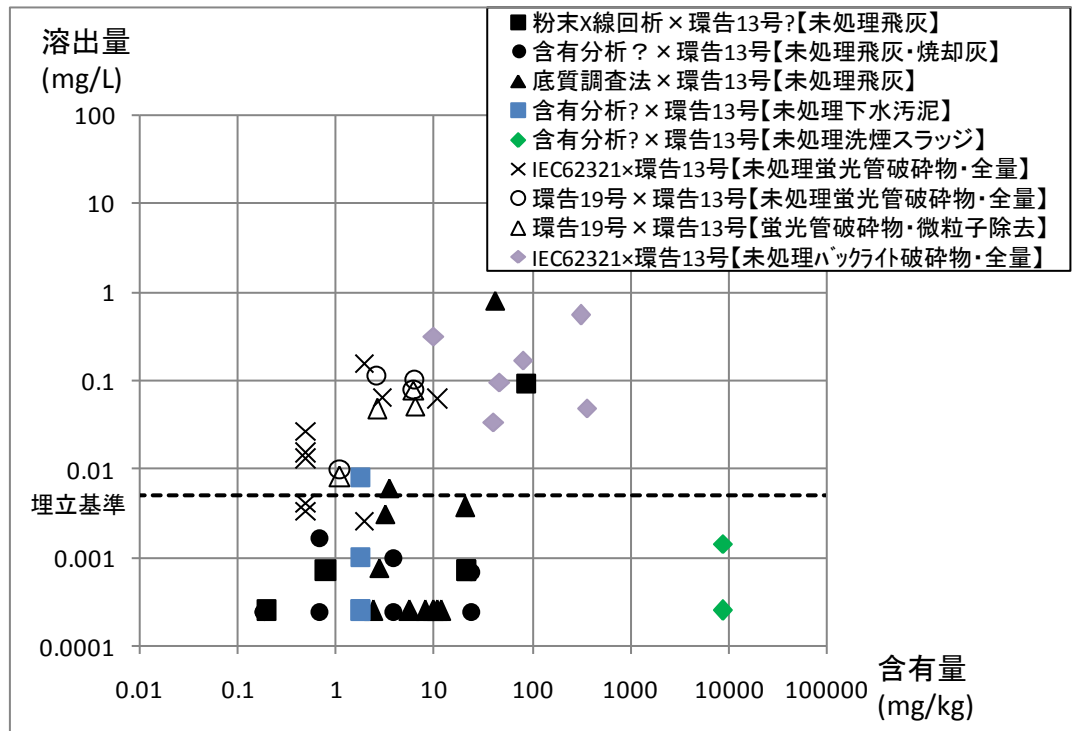
未処理物について、溶出量は環告 13 号⁶³ あるいは環告 13 号に準じて溶出液の pH のみ変えた方法によるもので、<0.0005～0.81 mg/L の範囲であった。また、含有量は粉末 X 線回析、IEC62321⁶⁴、環告 19 号⁶⁵、底質調査法⁶⁶などによるもので、0.19～8800 mg/kg の範囲であった。

⁶³ 産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法（昭和 48 年 02 月 17 日 環境庁告示 13 号）

⁶⁴ 電気電子機器製品内の規制物質の含有量測定手順標準

⁶⁵ 土壤含有量調査に係る測定方法を定める件（平成 15 年 03 月 06 日 環境省告示 19 号）

処理後の廃棄物について、溶出量は、未処理物と同じく環告 13 号⁶⁷ あるいは環告 13 号に準じて溶出液の pH のみ変えた方法によるもので、 $<0.0005\sim 11$ mg/L の範囲であった。含有量は、 $0.2\sim 50,000$ mg/kg となっているが、都市ごみ焼却飛灰への水銀化合物の試験的添加量も含有量として扱った。

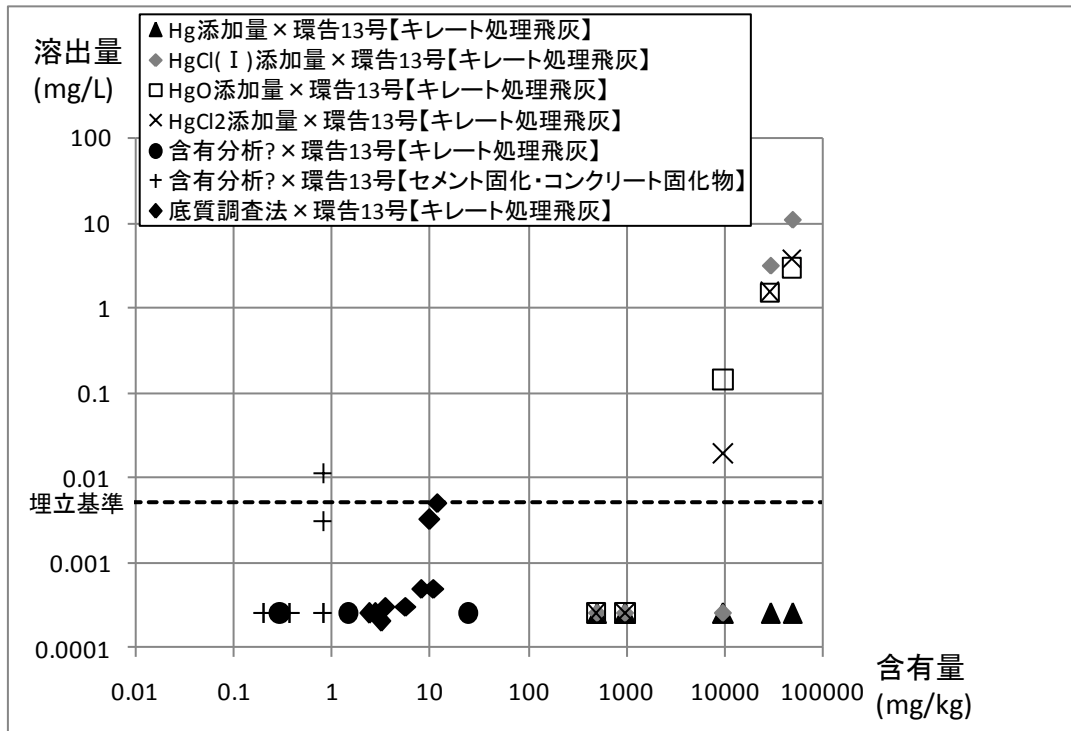


(定量下限値未満のデータは定量下限値の $1/2$ としてプロット)

図 4.2.1 溶出量と含有量の関係【未処理物】

⁶⁶ 底質調査方法 (<http://www.env.go.jp/water/teishitsu-chousa/>) ※昭和 50 年に作成、昭和 63 年と平成 24 年に改定

⁶⁷ 産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法 (昭和 48 年 02 月 17 日 環境庁告示 13 号)



(定量下限値未満のデータは定量下限値の1/2としてプロット)

図 4.2.2 溶出量と含有量の関係【処理後の廃棄物】

未処理物については、全体的にばらつきが大きく、またデータ数が少ない廃棄物もあるものの、溶出量と含有量には次のような特徴がみられた。

- 蛍光管破砕物：含有量が<1 mg/kg と少なくても、溶出量が埋立基準（0.005 mg/L）を大きく超過する。他の廃棄物と比べて水銀が溶出しやすい。
- 飛灰・焼却灰：含有量が約 20 mg/kg 超のものは、埋立基準を超過する。また、数 mg/kg でも埋立基準をわずかに超過するものがある。
- 下水汚泥：含有量 1.8 mg/kg に対して、通常の環告 13 号試験法では埋立基準を満たすが、pH4 の酸性溶液による溶出試験では埋立基準を超過した。
- 洗煙スラッジ：8800 mg/kg と高含有量にもかかわらず、溶出量は少ない。

含有量の分析方法が異なるため一概に比較はできないが、廃棄物種類によって溶出の特徴が異なる理由として、水銀化合物の形態が異なることが挙げられる。例えば、蛍光管には、液体・固体（水銀合金）の水銀が使われているが、その用途から、破砕物の表面に水銀が付着していると推察される。一方、飛灰中の水銀の形態は難溶性の HgCl(I) と推定されている⁶⁸。

処理後の廃棄物については、次のような特徴がみられた。

キレート処理物（都市ごみ焼却飛灰の処理物）：含有量が 10,000 mg/kg 以上になると、通常のキ

⁶⁸ 高岡昌輝 他（1995）：飛灰等の粉粒体による排ガス中の水銀除去に関する基礎的研究、廃棄物学会論文誌，Vol. 6, No.6, pp.235-244, 1995

レート処理を行っても溶出量が埋立基準を超過する。また、水銀化合物の形態によって溶出特性が異なり、金属水銀に比べて HgO などの水銀化合物は溶出しやすい。キレート処理飛灰について、処理当日から 90 日後までの溶出量の変化を調べた実験（下図）によれば、HgCl₂ 添加量 0.1% の飛灰も 90 日後には埋立基準を超過しており、含有量が高いもの・水銀が溶出しやすい形態のものは、キレート処理後に再溶出の可能性があることが示唆される。

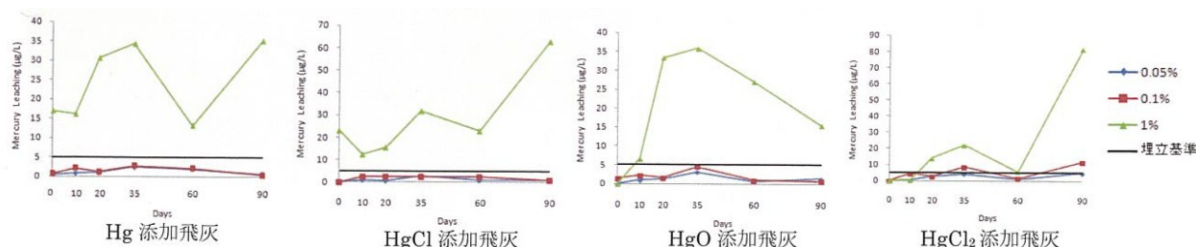


図 4.2.3 水銀添加飛灰の 13 号溶出量計日変化⁶⁹

セメント固化・コンクリート固化物（都市ごみ焼却飛灰、流動灰、下水汚泥の処理物）：セメント等と混合するため、飛灰や下水汚泥単体と比べて含有量が少ないが、下水汚泥のコンクリート固化物について、pH4 の酸性溶液で溶出試験を行うと、含有量 1 mg/kg 未満でも埋立基準を超過する。

下水汚泥のコンクリート化合物について、含有量が低くても酸性溶液による溶出試験で溶出量が増すというデータが得られた。コンクリート固化による水銀の処理原理は、セメントの強いアルカリ性によって有害物質の難溶性化合物を生成して固体中に沈着、固定すること⁷⁰であり、酸性溶液と接触する環境下では、表面から水銀が溶出しやすくなる可能性が考えられる。

（２） 埋立基準を満たすことができる水銀含有量についてのアンケート調査結果

水銀廃棄物の中間処理を行っている産業廃棄物処理業者を対象としたアンケート調査を行い、水銀の埋立基準（溶出基準）を満たすことができる水銀含有量について、表 1 の結果を得た。溶出量と含有量の関係については把握していない産廃処理業者が多かったが、複数の事業者から、『「～数 mg/kg 程度」あるいは「10～数十 mg/kg 程度」までならば、キレート処理・セメント固化・硫化・中和などの不溶化処理技術を組み合わせることにより、埋立基準を満たすことができる』との回答があった。また、「濃度ではなく総量で判断している（含有濃度が高いものであっても少量なら処理可能）」「溶出濃度と含有濃度に相関はない」という回答もあった。

アンケート調査結果の補足情報として、飛灰中の水銀含有量とセメント固化処理後の溶出量の測定例を図 3 に示す。含有量が高いものは溶出量も高くなる傾向がみられる。H24 年 6 月に 11

⁶⁹ 高岡昌輝他：平成 24 年度環境研究総合推進費補助金研究事業 研究報告書 水銀など有害金属の循環利用における適正管理に関する研究（K113001）平成 25 年 3 月

⁷⁰ 平岡正勝、酒井伸一（1994）：ごみ焼却飛灰の性状と処理技術の展望、廃棄物学会誌，Vol.5，No.1，pp.3-17，1994 3

mg/kg の飛灰のセメント固化物が埋立基準を超過しており、前述のアンケート調査の回答と一致する。なお、H24 年 7 月以降は、セメント量の調整や設備整備の実施により、14 mg/kg の飛灰も適切に処理できるようになっている。

表 4.2.1 水銀の埋立基準（溶出基準）を満たすことができる水銀含有量

残渣の種類	水銀埋立基準（0.005mg/L）を満たすことができる水銀含有量				
	～数 mg/kg 程度	10～数十 mg/kg 程度	100～数百 mg/kg 程度	1000mg/kg 以上	未把握※
1 乾電池	1	0	0	0	1
2 ボタン電池	1	0	0	0	1
3 乾電池・ボタン電池混合物	1	0	0	0	1
4 蛍光ランプの破砕物	2	1	0	0	5
5 水銀体温計の破砕物	1	1	0	0	2
6 水銀血圧計の破砕物	1	1	0	0	2
7 他水銀添加製品等の破砕物	0	0	0	0	1
8 破砕工程の集じんダスト	1	0	0	0	1
9 汚泥	3	0	0	0	3
10 焼却飛灰（ばいじん）	1	1	0	0	0
11 熔融飛灰（ばいじん）	0	1	0	0	1
12 焼却灰（燃え殻）	1	0	0	0	1
13 熔融スラグ（燃え殻）	0	0	0	0	2
14 廃水銀吸着剤	1	0	0	0	2
17 廃試薬	1	0	0	0	0
15 13号廃棄物	0	1	0	0	2
全体	(注1) 13	(注2) 5	0	0	25

※溶出量と含有量の関係について未把握の事業者の取り組み例

- Hg 及びその他に含まれる有害物等により処理方法（薬剤添加量他）が変わるため、事前サンプルでの処理テストを必ず行っている。そのため“どの程度まで”というデータは取っていない。
- 水銀濃度ではなく水銀総量で判断することになるが、水銀含有量が高いものはほとんどないため、具体的な判断基準はない。

(注1) 4事業者が回答。分析方法は「還元気化原子吸光光度法（2事業者）、環境庁告示第59号付表1（S46.12）（1事業者）、溶出試験（1事業者）」

(注2) 4事業者が回答。分析方法は「底質調査法（2事業者）、還元気化原子吸光光度法（2事業者）」

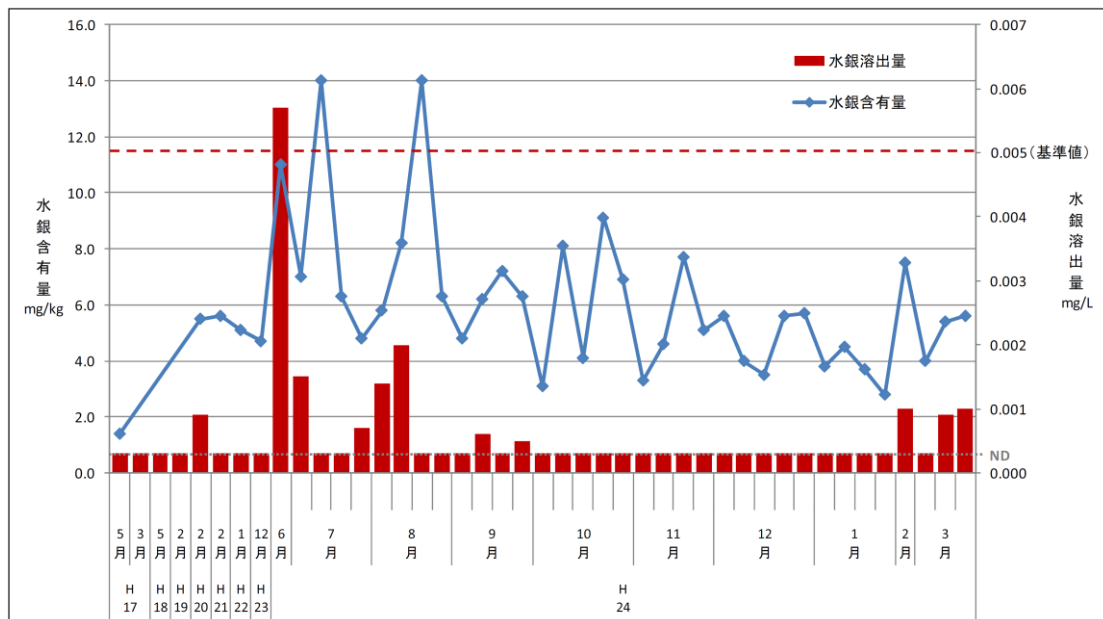


図 4.2.4 飛灰中の水銀含有量とセメント固化後の溶出量の関係⁷¹

4.2.3 高濃度水銀汚染物の処理方法

高濃度水銀汚染物の処理方法については、以下のような方針が考えられるが、濃度の設定については、さらなる議論が必要である。

- 廃棄物処理法では、水銀を含む汚泥やばいじん等を管理型最終処分場に処分する場合、あらかじめ水銀の溶出が 0.005mg/l 以下になるよう処理しなければならない。その処理方法は、薬剤処理やセメント固化、硫化等あり、どの処理方法を用いるかは事業者の判断に委ねられている。
- 図 4.2.5 に、業界団体ヒアリングにより把握された水銀を含む排出物の水銀濃度と処理方法を示すが、低濃度の排出物は埋立処分、高濃度の排出物は水銀回収と、明確に処理方法が分かっている。
- 水銀含有量が 10,000 mg/kg(1%)以上の汚染物は、キレート処理や固化では水銀溶出の抑制が困難なことから、水銀回収及び回収した水銀の安定化処理が必要となる。また、長期的な溶出量も考慮して、水銀回収が必要な汚染物の水銀濃度の目安を 1,000 mg/kg (0.1%) 以上として示すか、今後の検討課題である。

⁷¹ 亀田清掃センター 飛灰中の「水銀」含有量と溶出量の推移 ([http:// www.city.niigata.lg.jp/kurashi/gomi/gomishisetsu/sisetu_ijikanri/kohyotop.files/kameda-Hg.pdf](http://www.city.niigata.lg.jp/kurashi/gomi/gomishisetsu/sisetu_ijikanri/kohyotop.files/kameda-Hg.pdf))

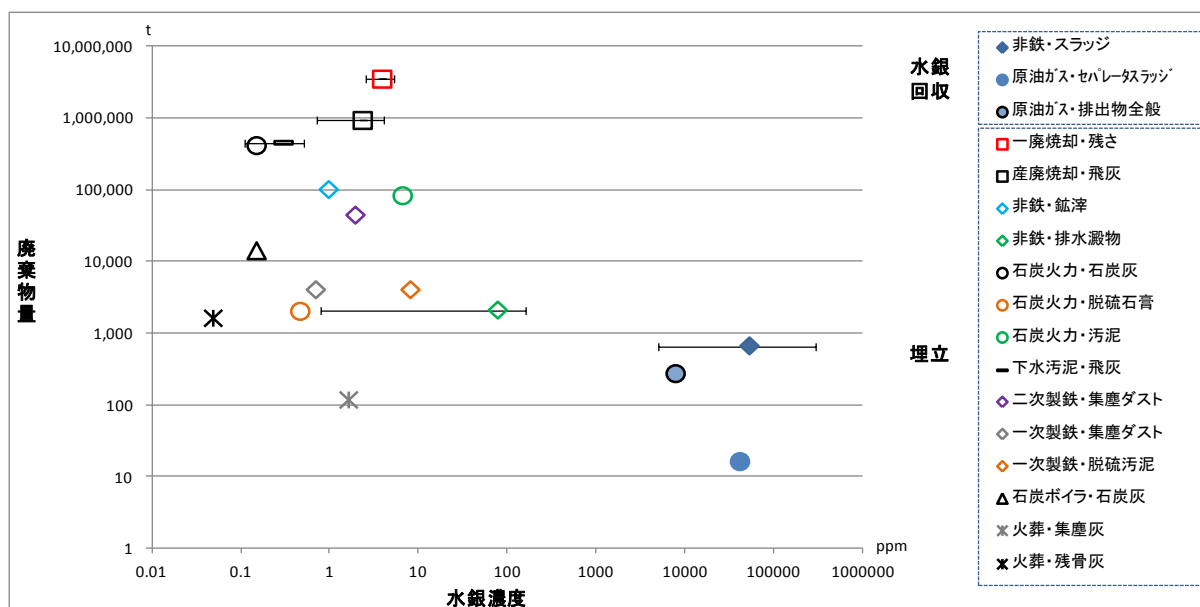


図 4.2.5 水銀回収又は埋立処分を行う排出物の水銀濃度及び発生量

4.3 水銀添加廃製品の管理に関する課題

4.3.1 バーゼル条約技術ガイドラインのレビュー

バーゼル条約技術ガイドラインにおける水銀添加廃製品全般及び蛍光ランプ、電池、計測器特有の記述は以下のとおりである。

(1) 水銀を含む製品の廃棄物共通

パラ番号	記載内容の概要
発生抑制及び最小化 96～98	水銀フリー代替製品の導入、水銀添加製品の禁止は水銀を含む廃棄物の発生防止の重要な方法である。水銀フリー代替品が入手可能でない場合、段階的廃止に時間がかかる場合は、移行的措置として、製品中の水銀含有量の最大値を設定する。水銀フリー代替品への移行はグリーン購入を通して促進できる。水銀添加製品が使用される場合は、水銀の安全なクローズドシステムの構築が望ましい。
EPR 105～108	EPR プログラムは、製品の使用済段階における管理の責任を市町村ではなく製造業者に課すもので、製造業者に製品の処理処分コストを製品価格に統合できるように製品設計において環境配慮を行うインセンティブを与えるものである。環境当局は、関係主体の責任、水銀含有量及び製品管理の基準、EPR プログラムの要素を定める法的枠組みを構築すべきである。環境当局は、EPR プログラムのパフォーマンスのモニタリングにも責任を負うべきである。
取扱 112	最終消費者は、蛍光ランプ、体温計、電気電子機器などの水銀添加製品を安全に取扱い、破損を防ぎ、他の廃棄物との混合を避けるべきである。塗料、殺虫剤のような水銀添加廃製品は、安全に取扱い、流し、トイレ、下水、その他排水回収システムに流さないようにすべきである。製品が破損あるいは水銀が漏出した場合は、浄

パラ番号	記載内容の概要
	化の手続きをとるべきである。
分別 115	水銀を含む又は水銀に汚染された廃棄物は、他の廃棄物と別にして、物理的な破損または汚染がないように収集するべきである。家庭とその他の排出者からの廃棄物は量が異なるため、分けて回収することが望ましい。
116	水銀廃棄物、特に水銀添加製品の廃棄物の回収プログラムの実施にあたっては、以下を考慮すべきである。 <ul style="list-style-type: none"> 対象となる廃棄物の潜在的保有者に対するプログラム、集積場所、回収時間帯の宣伝 (略)
117	水銀を含む特別な取り扱いが必要な製品を特定できるよう、製品製造時において、製造業者はラベリングシステムを実施すべきである。
回収 122～130	水銀添加製品の廃棄物の回収には、拠点回収、公共施設や店頭での回収、戸別回収がある。引き取り制度は、製品を廃棄物の流れに含めないようにするため構築されたプログラムである。
梱包及び 表示 132	運搬にあたっては廃棄物を適切に梱包し表示すべきである。運搬のための梱包及び表示は、国の有害廃棄物又は危険物関連法令により規制されているが、国の規制がない場合は、政府、IATA、IMO、UNCE の参考資料を参照すべきである。
運搬 133	水銀廃棄物は、事故による漏れを防ぎ、運搬及び最終目的地を適切に追跡するために、環境上適正な方法で運搬すべきである。運搬に先立ち、漏れ、火災、その他の緊急事態に対応するための緊急時対応計画を作成すべきである。
水銀回収 作業 152	水銀回収の例としては、破損の際容易に水銀が環境中に放出される水銀添加製品(水銀含有ランプ、水銀含有計量器(温度計、血圧計、圧力計)、水銀スイッチ及びリレー)及び非鉄金属製錬の湿式排煙処理スラッジなど高濃度の水銀汚染廃棄物がある。米国では、廃棄物からの水銀回収に関する基準が定められており、 Land Disposal Restrictions に基づき、総水銀濃度 260mg/kg を超える場合は、水銀回収が義務付けられる。
熱処理 162	前処理を行った廃棄物、例えば蛍光ランプ中の水銀を含む蛍光粉、破砕ガラス、水銀含有電池などは、水銀回収システムを備えた焙焼施設で処理できる。水銀を含む揮発性金属及び POPs は、焙焼工程において排出されることから、排ガス処理装置を備えるべきである。
処分 188～192	安定化、固型化の後、特別設計埋立地 (specially engineered landfill) の受け入れ基準を満たす水銀含有廃棄物又は水銀汚染廃棄物は、当該埋立地に処分できる。特別設計埋立地は、漏れ、環境汚染を防止するため、立地選定、設計、建設、埋立地の操業、モニタリングに関する特定要件を満たすべきである。立地選定、設計、建設、埋立地の操業、モニタリングのプロセスと同様に、管理及び監督の手続きも適用されるべきである。特に、浸出水の土壌浸透から地下水を保護するための措置に注意が払われなければならない。

(2) 蛍光灯特有

パラ番号	記載内容の概要
前処理 156	<p>廃棄物の前処理の例は以下の通り。</p> <p><蛍光灯></p> <p>水銀含有ランプは、密閉された破砕機の中で破砕され、ガラス、口金、蛍光粉に分別される。口金、ガラスは再利用されるべきであるが、口金にある金属のピンは水銀含有量が高いことから取り外して別に処理しなければならない。蛍光粉は処分するか水銀を回収する。ガラスはかなりの水銀が付着していることから、熱処理あるいは他の方法で処理を行うべきである。ガラスを熔融するユニットには水銀吸着の装置を装備すべきである。全工程において、水銀蒸気又はダストの排出を防止するため、高度排気システムを設けるべきである。</p> <p><機器に付属する水銀含有廃棄物></p> <p>新たな技術では LED が用いられているが、大半の液晶ディスプレイには蛍光水銀蒸気ランプが含まれている。これらの水銀ランプは取扱時及び機械的処理時に破損し、水銀蒸気を放出する。そのため、これらのランプは、破砕機に適切な汚染防止装置が取り付けられ、当該作業を行うための許可を得ていなければ、機械での処理を行ってはならず、手で注意深く取り外されなければならない。さらなる情報は Basel Convention Partnership for Action on Computing Equipment: Guideline on environmentally sound material recovery and recycling of end-of-life computing equipment の 7.3 を参照。</p>

(3) 電池特有

パラ番号	記載内容の概要
前処理 156	<p>廃棄物の前処理の例は以下の通り。</p> <p>水銀回収のためには、水銀を含む電池は、分別収集され、処理及びリサイクルまでに適切な容器に入れて保存されるべきである。他種類の電池や電気電子機器と混合されて回収された場合には、他の種類の電池と分別されるべきである。焙焼工程の前に、水銀含有電池の不純物をできれば機械的方法で取り除くべきである。また、効果的な焙焼工程のためには、水銀含有電池のサイズを機械的に選別すべきである。</p>

(4) 計測器特有

パラ番号	記載内容の概要
前処理 156	<p>廃棄物の前処理の例は以下の通り。</p> <p>温度計、圧力計等金属水銀を含む廃棄物は、破損しないよう回収すべきである。回収後、製品中の金属水銀は抽出され、その金属水銀は負圧状態において精製のために蒸留される。</p>

4.3.2 取扱いに特に注意が必要な廃製品の抽出

次の観点から取扱いに注意が必要な廃製品を整理すると、以下のものが挙げられる。

- ① 水銀の使用量（フロー）が多い
- ② ストック量が多い
- ③ 代替化が困難
- ④ 溶出しやすい
- ⑤ 取扱いに注意が必要（飛散性）

表 4.3.1 廃製品の特性

廃製品の種類		① 使用量 (2010年)	② ストック	③ 代替困難	④ 溶出	④飛散性	備考
計測器	血圧計	○1.9t	○26t		○	○	・水銀含有量は 47.6g/台程度。
	工業用計測器	△0.85t	0.3t	△	○	○	・ほとんど金属水銀
	体温計	0t	○22t		○	○	・水銀含有量は 1.2g/本程度。 ・国内生産はないが、輸入されている。
照明機器類	蛍光ランプ	○1.7t	○使用量程度		○	○	・含有量が少ない (7mg/本) ・溶出試験では、0.1mg/l 程度の水銀が溶出。
	冷陰極蛍光ランプ	△0.9t	使用量程度		○	△	・水銀含有量は、3.0mg/本程度。 ・TV,パソコンに使用されたものは、家電法、資源リサ法に基づき、回収・処理が行われている。
	HID ランプ	0.5t	使用量程度		○	○	・水銀含有量は、50mg/本程度
ボタン電池		○1.0t	使用量程度	△	△		・水銀含有量は、0.1～0.3wt% ・破碎した場合 10mg/L 以上の水銀が溶出。
銀朱		○1.1t		○			・文化財修復等に必要

注) 灯台用回転灯器は、国の管理下にあり、設置数も限られ、今後順次代替化が行われる予定であることから、対象から除いている。

4.3.3 廃製品の回収スキームに関する国内外の事例のレビュー、課題の整理

(1) 回収スキームの国内外の事例

1) 一般廃棄物

1) - 1 国内の主な回収スキーム

一般廃棄物として回収される蛍光灯、電池、計測器（体温計・血圧計）の現在の回収・処理システムを類型化すると図 4.3.1～図 4.3.3 のとおり、ボタン形電池は販売店を回収協力店として位置付け、製造業者による自主回収が行われているが、それ以外の製品については自治体による回収が行われている。なお、ボタン形電池は、乾電池に混入されて、自治体による回収スキームに入る場合もある。

なお、蛍光灯については、以下のような収集・処分方法が把握されている。

(1) 混合収集・破砕・埋め立て処分

混合搬入 → 混合破砕 → 混合埋立て

これは廃蛍光管を特に分別して収集せず、廃ガラス等と混合して収集し、混合状態で破砕後埋立処分を行う。

(2) 混合収集・選別・専門業者により処理・処分

混合搬入 → 選別 → 専門業者へ搬出

廃蛍光管を廃ガラス等と混合して収集するところは（１）と同様だが、業者により有姿で選別回収して一定量貯まるごとに専門業者に搬送して処理・処分を行う。

(3) 分別搬入・破砕処理・破砕物を全量専門業者に移送して処理処分。

分別搬入 → 破砕処理 → （破砕物全量）専門業者へ搬出

廃蛍光管は排出段階で分別され、有姿の単品が業者に搬入される。業者は専門業者への搬送の合理化のため破砕処理を行って密度を上げ、破砕物全量をドラム缶に密閉して専門業者に搬送する。

破砕機はドラム缶の上部に設置できるような小型だが、廃蛍光管の専用破砕機として水銀蒸気や粉末を除去できるように、フィルターや活性炭が装着されている。

(4) 分別搬入・小規模水銀回収処理

分別搬入 → 水銀回収処理 → 分別回収（水銀回収保管・その他ガラス・金属等の回収物はリサイクルまたは埋立て処分）

廃蛍光管は有姿、単品として分別して搬入され、水銀回収装置が組み込まれた処理設備に投入され処理される。水銀は蒸発、冷却の操作により回収され、またガラス、金属等に選別され品質や状況によりそれぞれリサイクル、処分等の扱いを受ける。

(5) 分別搬入・大規模水銀回収処理

分別搬入 → 本格的な水銀回収処理 → 品目毎に回収（再利用。処分）

本格的な廃蛍光管処理設備を設け、広域で大量に集め、本格的に処理・処分、水銀回収を行う。

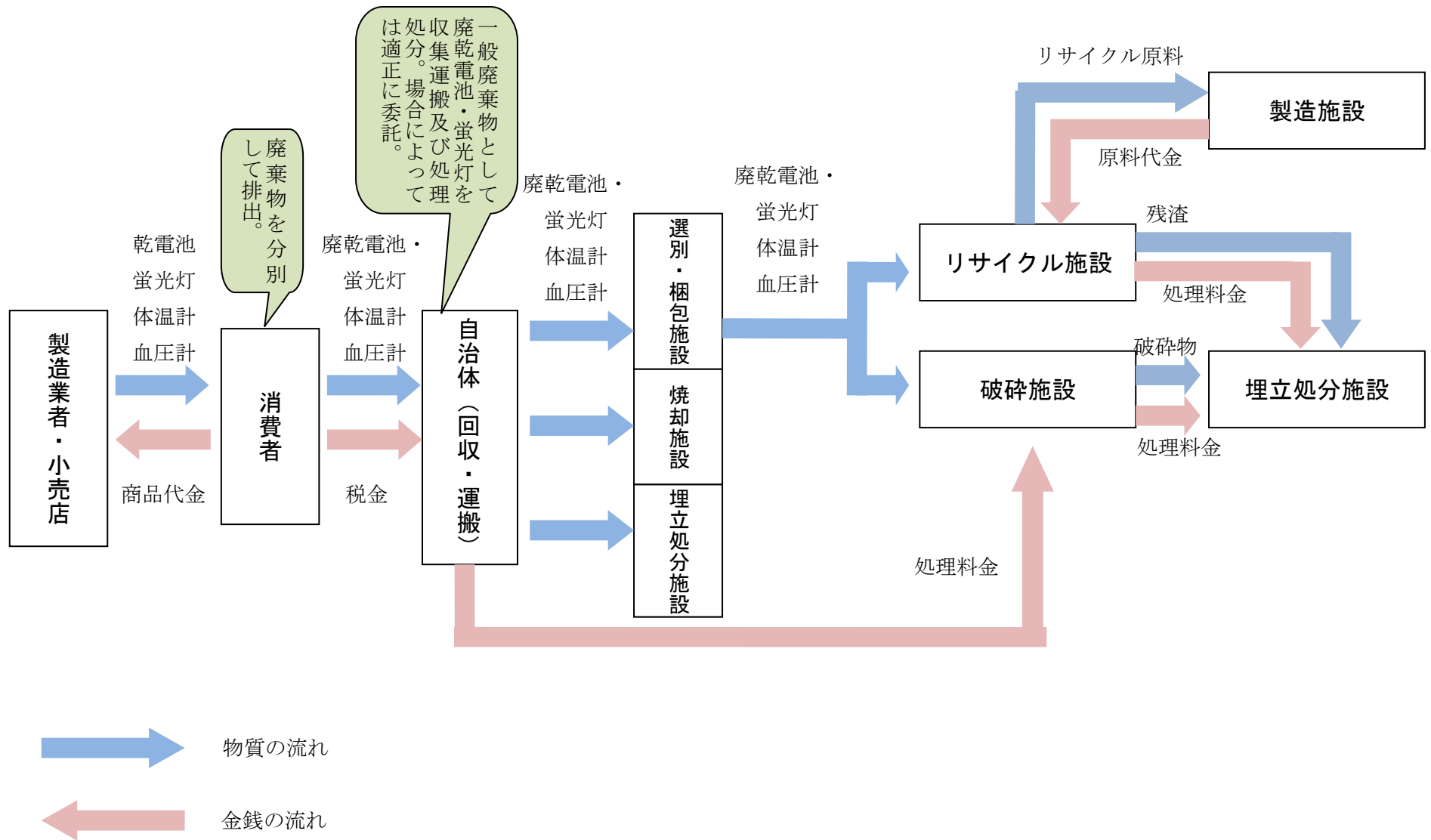


図 4.3.2 使用済み乾電池・蛍光灯・体温計・血圧計の回収・処理システム（全都清ルート以外）

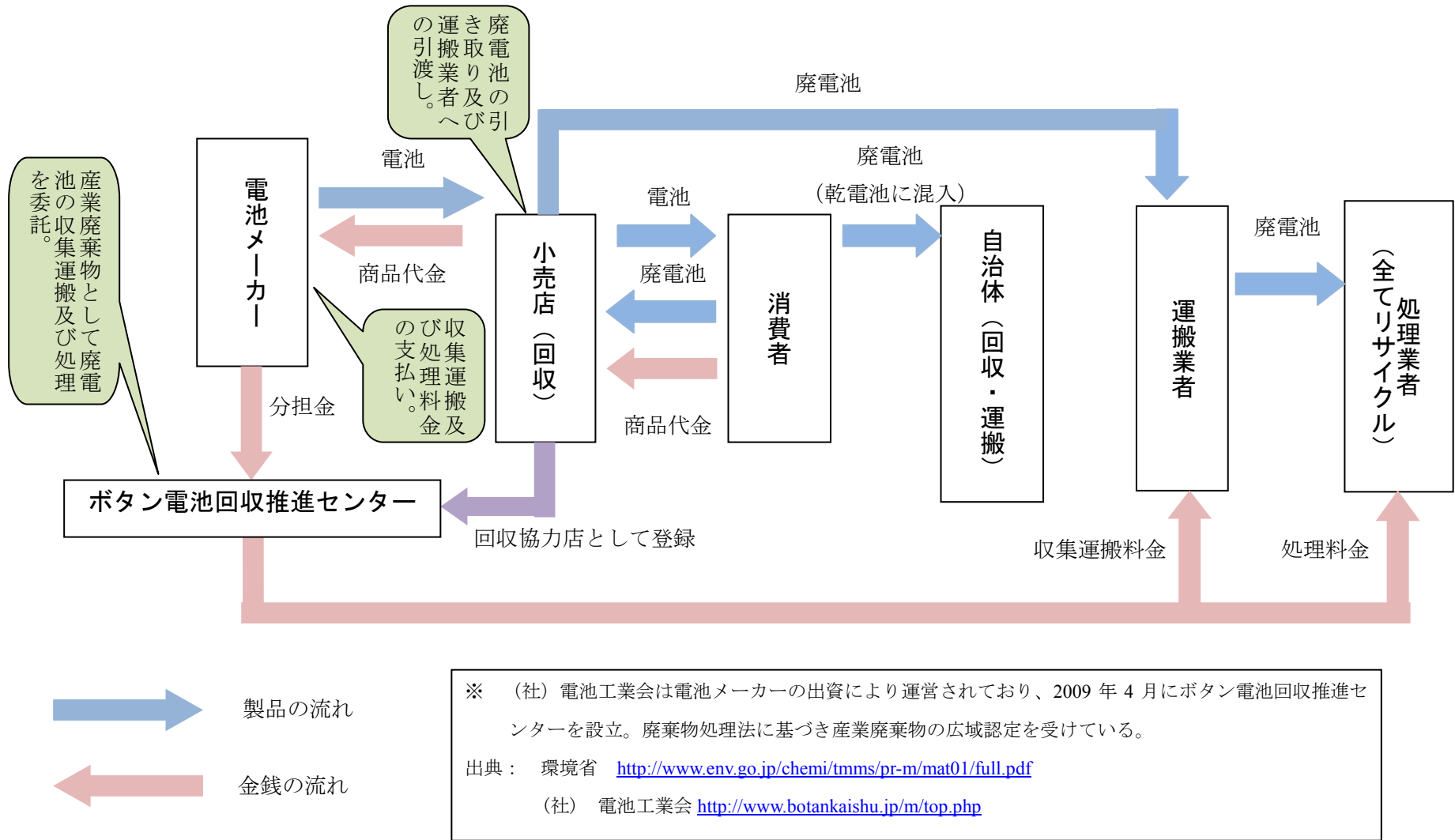


図 4.3.3 使用済みボタン形電池の回収・処理システム

1) - 2 優良事例

1) - 2 - 1 相対的に回収量が多い国内の自治体の取組

①政令指定都市、②東京都 23 区、③分別品目が多い自治体の中で、1 世帯あたりの蛍光管の回収量が他の自治体より多い自治体（長野県阿智村、岐阜県郡上市、徳島県上勝町、福岡県北九州市、鹿児島県垂水市）の回収方式や回収率を高めるための方法の概要⁷²を表 4.3.2 に示す。拠点回収でも、福岡県北九州市、徳島県上勝町のように常時回収している場合は、比較的回収量を高くできる可能性があることが示唆される。また、分別収集の場合は、廃棄物分別の細かさ・厳しさ、住民の意識の高さが回収量を高める重要な要因として挙げられている。また、住民への周知が継続的に行われていることも、回収率が高い地域の特徴として分析されている。

また、平成 25 年度に行った調査⁷³において、平成 23 年度の調査結果⁷⁴に基づく 1 人当たり回収量を上回る蛍光ランプ、乾電池を回収している東久留米市、回収量が増加傾向にある京都市の事例を表 4.3.3 に示す。

⁷² 浅利美鈴. (2011) 家庭を中心とした水銀製品の回収・排出フロー及び退蔵実態に関する調査. 平成 11 年度循環型社会形成推進科学研究費補助金 循環型社会における回収水銀の長期安全管理に関する研究.

⁷³ 「平成 25 年度水銀廃棄物の処理実態調査」

⁷⁴ 「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」

表 4.3.2 相対的に人口又は世帯あたり蛍光管回収量の多い自治体における蛍光管回収・リサイクルの概要

自治体名		長野県阿智村 (2,072 世帯)	岐阜県郡上市 (14,759 世帯)	徳島県上勝町 (789 世帯)	福岡県北九州市 (413,510 世帯)	鹿児島県垂水市 (7,659 世帯)
項目						
リサイクル開始時期		1988 年以前	1993 年 (旧白鳥町)	1997 年 2 月	2002 年	2002 年
回収方法		分別収集方式	分別収集方式	拠点回収方式	拠点回収方式	分別収集方式
廃棄物区分		蛍光灯 (そのまま又は割れたもの)	ビン類・ガラス陶磁器	蛍光灯類 (そのまま又は割れたもの)	蛍光灯類 (環型・直管型)	有害物
回収拠点および数		ごみステーション、実施前 46、実施後 60 (市町村合併のため)	435 のごみステーション	1 か所	224	各ステーション又は各地区公民館のコンテナ
回収頻度		4 ヶ月に一度、日曜朝 7 時～8 時の 1 時間程度	月に 1 回	365 日 (1 月 1・2 日、12 月 31 日を除く) 7 時 30 分～14 時	随時 (店舗営業、店舗によって異なる)	月に 1 回
同時回収物		粗大ゴミ、容器包装以外のプラスチック、プラスチック製容器包装、不燃ごみ (ガラス、陶磁器、埋め立て用ごみ)	びん、ガラス、陶磁器類	アルミ缶・リサイクルビンなど 33 種の資源	紙パック、トレイ小物金属、古紙など	廃油、乾電池
回収量	2007 年度*	2,000kg (0.97kg/世帯)	17,080kg (1.16kg/世帯)	1,500kg (1.90kg/世帯)	85,000kg (0.21kg/世帯)	10,350kg (1.35kg/世帯)
	2008 年度	1,780kg (0.86kg/世帯)	16,410kg (1.11kg/世帯)	1,000kg (1.27kg/世帯)	99,000kg (0.24kg/世帯)	4,510kg (0.59kg/世帯)
回収についての住民への周知方法		実施前に、住民説明会・意見交換会を数回開催し、新制度に関する資料を全戸に配布 実施後も資料を全戸配布	行ったが詳細不明	実施前に、住民説明会・意見交換会を 20 回開催し、新制度に関する資料を全戸に配布 実施後も、資料を全戸配布及びウェブページにおいて蛍光管リサイクルについて説明	実施前に、ポスター掲示、新聞・タウン誌・広報等での告知を行った 実施後も、ウェブページに、常に拠点回収をしていることや場所などについて情報提供	実施前に、住民説明会・意見交換会を 200 回開催し、新制度に関する資料を半数の世帯 (4000) に配布 実施後も、資料を配布するほか、年 2 回全戸に広報資料を配布する他、ウェブページに蛍光管リサイクルについて説明
回収率をあげるために特に力を入れていること		特になし (廃棄物の分別が細かい (26 分別) からか)	特になし (廃棄物の分別が細かく、厳しくしているからか)	特なし	特になし (分別収集よりも効率がよい拠点回収を選択)	住民への協力依頼

自治体名 項目	長野県阿智村 (2,072世帯)	岐阜県郡上市 (14,759世帯)	徳島県上勝町 (789世帯)	福岡県北九州市 (413,510世帯)	鹿児島県垂水市 (7,659世帯)
蛍光管回収率の高い理由	県の産廃最終処分場の環境アセスメント実施などが、住民にとって「ごみ」問題を考えるきっかけとなり、蛍光管の回収に限らずごみの分別意識も高いのではないか。	分別回収を行ってから月日が経っており、住民の意識の中で蛍光管は「有害ごみ」というイメージが浸透している。分別が厳しいのも大きな理由で、「不燃ごみ」は板ガラスと陶磁器のみとなっており、他に捨てようがない。	362日持ち込めるという持ち込みやすさがあるのではないかと。	環境に関するさまざまな施策の成果か、蛍光管以外でもリサイクルに関する意識が定着し回収率が上がってきている。蛍光管以外のものも拠点回収しており、拠点数も多く、回収BOXを目立つように設置しているのも、啓発効果があるのではないかと。	説明会などをしっかりととしてきて、住民に分別の意識付けができてきた結果ではないかと。

*2007年度の世帯当たり回収量は、2008年度の世帯数を用いて算出したもの。

出典：浅利美鈴.(2011) 家庭を中心とした水銀製品の回収・排出フロー及び退蔵実態に関する調査. 表 6-2、6-3、6-5、6-7に基づき作成

表 4.3.3 平均的な自治体より回収量が多い又は回収量が増大傾向にある自治体の廃製品回収の事例⁷⁵

自治体名（回収方式）	東久留米市（分別収集及び拠点回収による回収）	京都市（臨時回収による移動式拠点回収）
対象となる廃製品	蛍光管、水銀体温計、温度計は、「有害ごみ」として拠点回収。 乾電池は「燃えないごみ」として分別収集。 蛍光管等の他、紙パック、小型家電を拠点回収。	廃蛍光管、水銀体温計、血圧計、乾電池、小型廃家電、化学薬品、石油類、農薬医薬品等 23 品目
根拠法令	廃棄物処理法	廃棄物処理法
回収システムの概要	蛍光管等水銀含有廃棄物は、「有害ごみ」として黄色の専用回収容器を市内 102 か所に設置して回収。乾電池は、透明な袋に乾電池のみを入れて、品名「乾電池」と記入し、「燃やせないごみ」として週 1 回分別収集。 蛍光管等は、リフト付き平ボディ車で回収。乾電池は、パッカー車による袋収集を行っている。	回収拠点を常設化せず、地域住民にとってより身近な場所（学校や公園等）を日毎に設定し、リユースびん等の資源ごみと合わせて、各家庭で出し方に困っている化学薬品や石油類など有害性、危険性の高いごみを回収し、可能な限りリサイクルするとともに、リサイクルできないものは、専用施設で安全に処理する仕組み。（H25 年度市内各地域約 100 か所で実施）
回収システムの利点・欠点	○蛍光管の割れが生じにくい。（割れた蛍光管は、「燃やせないごみ」として分別収集） ○市民にとっては、専用容器への排出で判り易い。 ○専用容器底にクッション材を敷くなど、蛍光管が破損しない工夫が可能。 ○身近な場所に専用容器を設置するなど、きめ細やかな対応が必要。（市内 102 か所に設置：設置密度 1122 人/か所）	○地域の住民が、徒歩や自転車で運べる範囲に回収場所が設定することにより、市民が利用し易くなり、市民の分別排出意欲が高まる。 ○地域の要望を満たすためには、回収場所をきめ細かく設置し、回収頻度を高める必要がある。 ○危険物等を扱うため、職員（分別指導を兼ねている）を回収場所に常駐させる必要がある。人手がかかる。
回収目標及び成果（回収量）	○廃蛍光管等の回収量は H23 年度を除き、 横ばい 。 H20-H22 年平均回収量	○常設の拠点回収による廃蛍光管回収量は、 増加傾向 H23：46 t ⇒H24:50 t

⁷⁵ 東久留米市の蛍光管回収量は 179g/人（全国平均 127g/人）、乾電池回収量は 524g/人（全国平均 235g/人）と分別回収+拠点回収の平均より多い。京都市は、移動式拠点回収方式の導入により、回収量が増加傾向にある。

自治体名（回収方式）	東久留米市（分別収集及び拠点回収による回収）	京都市（臨時回収による移動式拠点回収）
	廃蛍光管 12.14t、乾電池 26.2 t、体温計 158 本 H23 年度回収量 廃蛍光灯 30 t、乾電池 93t、体温計不明 H24 年度回収量 廃蛍光灯 11 t 乾電池 27t 体温計不明	○移動式拠点回収による廃蛍光管回収量は、増大化 H23:219kg⇒H24:884kg (増加率 303%) 市のごみ量が減少する中で回収量が大幅に増加し、今まで回収されていなかった水銀血圧計が、回収されている。 (H24 水銀血圧計回収量:15.7kg)
関係主体（回収事業者、処理事業者、国、地方自治体、市民、製造業者等）の役割	○市負担による分別収集及び拠点回収 ○市民の分別協力 ○製造事業者等の役割はない。	○直営による回収、分別指導。回収物の処理は委託。 ○移動式拠点回収の開催にあたっては、地域の保健協議会やごみ減量推進会議など市民団体も協力して一般住民への周知を行っている。この仕組みの中に製造業者等はいない。
関係主体の費用負担	住民税として住民が負担	住民税及びごみ収集有料指定袋購入による住民負担
排出主体に対する意識啓発・教育	①分別方法をわかり易く説明したパンフレットを市民に配布 ②廃蛍光管回収の専用容器を市内 102 か所に設置し、分別排出を誘発。	①ごみ分別マニュアルの配布及びインターネット上での啓発、回収マップ等の情報公開 ②回収場所周辺の地域住民に対する周知徹底 ③排出時に職員による分別排出指導の徹底
排出主体に対する経済的インセンティブ	なし	ごみ収集における負担（有料指定袋購入費）の減少
排出主体に対する非経済的インセンティブ	正：家庭内に退蔵されてきた廃棄物の解消 負：蛍光管の場合は、専用容器設置場所まで行って排出する必要がある。	正：家庭内に退蔵されてきた廃棄物の解消 負：排出時に必要な手押し車など運搬用具の調達
排出者に対する罰則等	なし	市が回収できないものは、回収拒否（市民持ち帰り）
問題点・今後の課題	LED化やデジタル化により回収量は減少傾向にあるが、有害ごみの分別徹底化のため、回収を継続しなくてはならない。	回収量の増加に伴う回収・処理コストの肥大化

自治体名（回収方式）	東久留米市（分別収集及び拠点回収による回収）	京都市（臨時回収による移動式拠点回収）
その他		<p>本事業は、ごみ収集の有料指定袋制実施に伴う収入を財源として実施。ごみ収集有料化に伴う収益の使い道として、今後とも、事業実施の頻度を更に高める考え。</p>

1) - 2 - 2 台湾における蛍光管リサイクル補助金制度

国名	台湾	対象製品	蛍光灯												
法的根拠	廃棄物清除法（1997年改正）														
回収開始年	2002年														
製品回収量	2002年：523.5トン 2003年：7,892トン 2004年：4,364トン 2005年：4,675トン 2006年：4,737トン 2007年：4,558トン 2008年：5,121トン 2009年：4,695トン 2010年：5,053トン 2011年：5,220トン（2011年のリサイクル率は73%） 2012年：7,213トン														
回収システムの概要	<p> ※1: 蛍光管の基金は、蛍光管の回収リサイクルのみに使用 ※2: 割れたものや異物などには支払わない ※3: 無償の場合もある </p>														
製品の回収方法	<ul style="list-style-type: none"> 家庭から自治体が回収し、回収業者へ引き渡す（決まった時間と場所に回収車両が来て数分停車し、市民がごみを持ち込み排出する。蛍光管は資源ごみ回収車で回収される。） 事務所・工場からは回収業者が回収し、リサイクル業者へ引き渡す 														
製品中の水銀の取扱	<ul style="list-style-type: none"> 使用済蛍光管から回収された水銀は、新たな蛍光管の製造に用いられる。 														
費用分担	製造業者と輸入者が必要経費を負担。消費者は費用が反映された製品価格で購入することにより費用を負担。														
関係主体の役割	政府（環境省） <ul style="list-style-type: none"> 資源回収管理基金の運用（基金からリサイクル業者に回収リサイクル補助金を以下の条件で支払う。条件を満たさない場合は補助金対象外。） <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>直管蛍光灯*</th> <th>電球型蛍光灯**</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>水銀リサイクル率</td> <td>50%以上：29 元/kg</td> <td>35%以上：40 元/kg</td> </tr> <tr> <td></td> <td>40～50%未満：20 元/kg</td> <td>20～35%未満：20 元/kg</td> </tr> <tr> <td></td> <td>40%未満：0 元/kg</td> <td>20%未満：0 元/kg</td> </tr> </tbody> </table> <p>*製品リサイクル率 90%以上が条件</p>				直管蛍光灯*	電球型蛍光灯**	水銀リサイクル率	50%以上：29 元/kg	35%以上：40 元/kg		40～50%未満：20 元/kg	20～35%未満：20 元/kg		40%未満：0 元/kg	20%未満：0 元/kg
	直管蛍光灯*	電球型蛍光灯**													
水銀リサイクル率	50%以上：29 元/kg	35%以上：40 元/kg													
	40～50%未満：20 元/kg	20～35%未満：20 元/kg													
	40%未満：0 元/kg	20%未満：0 元/kg													

	<p>**製品リサイクル率 60%以上が条件</p> <p><u>製造業者及び輸入者</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 回収リサイクル税として 31 元/kg を資源回収管理基金へ拠出 <p><u>消費者</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ごみの分別、自治体又は回収業者への引き渡し <p><u>自治体</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 使用済蛍光管の分別回収。 回収した資源のリサイクル業者への売却（無償の場合もある） <p><u>回収業者</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 使用済蛍光管の回収、リサイクル業者への売却 <p><u>リサイクル業者</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 資源（水銀、ガラス、蛍光粉）回収、製造業者に引き渡し
情報源	<p>浅利美鈴. (2011) 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. 台湾環境保護庁. Verified Volumes of Recycled Resources. http://www.epa.gov.tw/en/statistics/c4040.pdf 台湾行政院. The Republic of China Yearbook 2012. http://www.ey.gov.tw/en/cp.aspx?n=11B0AE029DA6B97B</p>

2) 産業廃棄物

2) - 1 国内の主な回収スキーム

産業廃棄物としての水銀添加製品は、排出者による処理責任が義務付けられ、産業廃棄物の収集運搬業者による回収、産業廃棄物の処理業者によるリサイクルあるいは処分が行われている。

2) - 2 優良事例

蛍光ランプのリースシステム、排出事業者の団体による回収キャンペーンの実施など、いくつかの事例が見られる。

2) - 2 - 1 事業所に対する蛍光管リースシステム

我が国では、複数の大手蛍光管メーカーが蛍光管のリースサービスを実施している。このサービスは、顧客となる企業に蛍光管を「販売」するのではなく、蛍光管メーカーが指定したサービス代理店から貸与する仕組みになっている。使用済みになった蛍光管はサービス代理店により回収され、中間処理業者を介して適正にリサイクルされ、新品の蛍光管が新たに供給される。事業所以外、工場やテーマパーク等でも利用されている。



図 4.3.4 蛍光管リースシステムの例⁷⁶

本サービスの対象となる使用済み蛍光管は、未破碎のまま回収され、蛍光管の蛍光体は覆土材、口金はアルミニウム、水銀は無機薬品へそれぞれリサイクルされている。また、ガラス部分はグラスウールや軽量骨材、タイルなどに再利用されている他、一部の蛍光管メーカーは蛍光管専用ガラス溶融炉に再利用ガラスを利用することで、蛍光管から蛍光管へのリサイクルを実施している。

本サービスの下では、蛍光管の所有権は顧客ではなくサービス代理店にあるため、顧客は排出者責任に基づくマニフェストの発行等の負担がなくなるというメリットがある。また、インターネットを介してサービス代理店、中間処理業者、蛍光管メーカー、顧客が処理状況について随時確認できる追跡管理システムが導入されており、環境上適正な処理・リサイクルが担保される仕組みとなっている⁷⁷。

蛍光管リースシステムの一つであるあかり安心サービスは、2010年2月現在、約6,800事業所（法人数約1,200）で導入されている⁷⁸。

2) - 2 - 2 東京都医師会による水銀体温計・血圧計の自主回収

東京都医師会は都内の大学医師会を除く全地区医師会と協力して、東京都医師会会員が保有する水銀血圧計と水銀体温計のうち不要になったものを自主回収している。回収方法及び回収量は

⁷⁶ http://www2.panasonic.biz/es/lighting/akarianshin/akari_01.html

⁷⁷ 「水俣病の教訓と日本の水銀対策」

⁷⁸ Good Practices for Management of Mercury Releases from Waste (First Draft)

以下のとおりである⁷⁹。

表 4.3.4 東京都医師会による水銀体温計・血圧計の自主回収の概要

項目	内容
回収方法	<p>①会員は、廃水銀血圧計及び廃水銀体温計を、自主回収期間内に所属する地区医師会へ持参する。</p> <p>②地区医師会は、持参されてきた廃水銀血圧計及び廃水銀体温計を回収するとともに、処分料金（体温計1,050円/本、血圧計2,100円/個）を徴収し、それぞれ保存段ボール箱に入れて、収集・運搬業者が収集に来るまで保管する。</p> <p>③自主回収期間が終了した時点で、東京都医師会から指定された日に、収集・運搬業者が地区医師会に回収に行き、保存段ボール箱とマニフェストを受け取る。</p> <p>④収集・運搬業者は、地区医師会から回収した廃水銀血圧計・廃水銀体温計をドラム缶に詰め替え、日本通運・日本貨物を經由して、処理・処分業者である野村興産まで運搬する。</p> <p>⑤野村興産が中間処理（最終処理）・処分を行う。処分が全て完了した時点で、マニフェストが収集・運搬業者経由で地区医師会に請求書とともに送付される。</p>
回収期間	平成 24 年 9 月 1 日から 1 カ月間（平成 25 年も同様に実施）
回収量	<p>体温計 4,378 本、血圧計 2,592 個（平成 24 年実績）</p> <p>東京都環境局の依頼を受けて東京都医師会が会員の診療所を対象に行ったアンケート調査（平成 23 年）により以下が把握されており、平成 24 年における自主回収で、水銀体温計の退蔵量の 5%、水銀血圧計の退蔵量の 32%が回収されたことになる。</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 診療所に平均 4 個の水銀血圧計が保有されており、使用率は約 80%で、約 20%（約 8,000 個）の水銀血圧計は使用されていない。 1 診療所に平均 10 本の水銀体温計が保有されており、使用率は 15%で、約 85%（約 85,000 本）の水銀体温計は使用されていない。

（２） 今後の課題

１）環境上適正な管理のレベルの設定

水銀添加廃製品については、現在のところ具体的な収集・運搬・処理方法が示されていない（液晶テレビ中の蛍光灯の処理方法を除く）。以下のような事実を踏まえ、水銀添加廃製品の環境上適正な管理に関するガイドライン等、望ましい管理方法を示すことが適当である。

- 地方自治体が分別回収した蛍光灯は、重量で約 25%は全国都市清掃会議が主導する広域回収処理システムのルートに乗って、環境上適正なりサイクル（水銀の回収、ガラス・アルミ等の素材の回収、排ガス中の水銀の処理）が達成されている⁷⁴。平成 25 年度に実施した地方自治体から蛍光灯の破碎又はリサイクルを受託している 7 社へのヒアリング調査⁷³の結果、大気や水への水銀排出の管理は適切であることが確認されたが、それ以外の蛍光灯の処理実態については把握されていない。
- 蛍光灯を不燃ごみとして回収し埋立処分を行っているのは 452 団体、可燃ごみとして回収し焼却しているのは 22 団体であった（回収量を回答したのは、不燃ごみ：17 団体、297 トン、可燃ごみ：2 団体、4 トンである）。

⁷⁹ 東京都医師会ニュースレター。平成 24 年 8 月 29 日

http://www.tokyo.med.or.jp/press_conference/download/newsletter-20120829.pdf 東京都医師会。(2013)

不要になった水銀血圧計・体温自主回収実施計画書（第 2 回）。

<http://www.tokyo.med.or.jp/download/suigin-keikakusho.pdf>

- 不燃ごみとして埋立処分等がなされている場合、これまでの実態調査においては排水基準を超過した事例は見られず、周辺環境大気の測定結果についても指針値をほとんど下回っている（指針値：40ng/m³）。
- 廃棄物焼却施設を有する地方自治体へのアンケート調査⁸⁰によると、焼却施設からの排ガスの水銀濃度の平均値又は最大値が0.05mg/m³（EUにおける廃棄物焼却施設の水銀排出基準）を超過していたのは、28工場の32炉であった。超過率は、工場数ベースで11%（28工場/258工場）、データ数ベースで6.2%（32データ/513データ）であった。
- ランプ類や計測機器類は、破損すると水銀が大気中に飛散する恐れが高いため、収集運搬時には取扱いに注意が必要である。市町村において分別収集及び拠点回収による回収を行っている場合の水銀添加廃製品の運搬車両の種類は、表4.3.5のとおりであり、パッカー車で他の廃棄物と混載している自治体もある。

表 4.3.5 蛍光管・体温計・血圧計の運搬方法別市町村数と割合

	蛍光管	体温計	血圧計
パッカー車(他と混載)	115 (11%)	109 (14%)	75 (18%)
パッカー車(他と区分)	134 (12%)	127 (16%)	70 (16%)
平ボディ車	846 (77%)	572 (71%)	282 (66%)
計	1,095 (100%)	808 (100%)	427 (100%)

2) 回収・処理コストの追加的な負担に関する検討

水銀添加廃製品の分別収集を開始する場合、処理における大気や水への水銀排出対策を行う場合、将来回収された水銀を廃棄物として安定化・固形化し処分しなければならない場合（水銀含有量の高い製品）は、追加的なコストがかかる。これらの追加的なコストの負担については、以下の点を考慮しながら、適切な負担方法を検討することが必要である。

- 「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」の中で行われた自治体アンケート調査において、水銀添加廃製品の分別に関する検討状況を尋ねたところ、新たに分別収集を行うにあたってコスト負担を懸念する回答があった。
- 「平成 25 年度水銀廃棄物の処理実態調査」の中で行われた、既に分別収集・拠点回収を行っている自治体へのアンケート調査におけるコスト負担についての設問に対して、「生産者又は販売者に対し、法的な（回収）義務付け等の何らかの対策が必要でないか。」「回収量の増加に伴い、本市の処理費が増加するが、本来小売店が直接回収することが望ましい。しかし、リサイクルの費用を負担することは、小売店単独では難しいため、現在の回収システムに組み込まれていない拡大生産者責任の考え方にに基づき、製造業者とどう連携していくかが課題である。」という回答があった。
- 台湾では、蛍光ランプの製造業者、輸入業者に使用済蛍光ランプの回収リサイクル税の支払いを求め、それを原資として設置された資源回収管理基金から、蛍光ランプのリサイクル業者に水銀回収率に応じたリサイクル補助金が支払われており、蛍光ランプ回収率 88%を達成

⁸⁰ 「平成 22 年度廃棄物処理施設等からの水銀等排出状況調査」

している。スイスでは、電池の製品価格に、回収・リサイクル費用を上乗せし、徹底した啓発活動を行うことによって回収率 71%を達成している⁸¹。

3) 回収処理方法に関する情報の関係主体間での共有促進

環境上適正な管理のレベルと費用負担の原則を決め、具体的な回収・処理の実施は各地方自治体の裁量に任せることが望ましいと考えられるが、その際、既に先進的な取組をしている自治体の経験や教訓を他の自治体と共有することが、より効率的効果的な回収・処理方法の進化を促すと考えられる。

また、産業廃棄物である血圧計・体温計の東京都医師会による回収キャンペーンの実施などの経験を他の地域の医師会と共有することも、今後の回収を効率的に行う上で参考となる。

4.3.4 中間処理方法に関する国内外の情報のレビュー

(1) 水銀添加廃製品の中間処理方法に関する国内の規定

水銀添加廃製品の中間処理方法については、液晶テレビ中の蛍光管及び自動車の室内照明用の蛍光灯について、処理方法に関する以下のような規定がある（表 3.3.2 参照）。

- 液晶テレビ中の蛍光管（一般廃棄物）：以下の方法により行うこと（特定家庭用機器一般廃棄物及び特定家庭用機器産業廃棄物の再生又は処分の方法として環境大臣が定める方法）。
 1. 破砕設備を用いて破砕するとともに、破砕に伴って生ずる汚泥又はばいじんについても 2 又は 3 のいずれかの方法により処理する方法。
 2. 薬剤処理設備を用いて十分な量の薬剤と均質に練り混ぜ、水銀等が溶出しないよう化学的に安定した状態にする方法。
 3. ばい焼設備を用いてばい焼するとともに、ばい焼により発生する水銀ガスを回収する設備を用いて当該水銀ガスを回収する方法。
- 自動車の室内照明用蛍光灯：使用済自動車から回収し、技術的かつ経済的に可能な範囲で、当該鉛蓄電池等の再資源化を自ら行うか、又は当該再資源化を業として行うことができる者に当該鉛蓄電池等を引き渡す（使用済自動車の再資源化等に関する法律施行規則）。

(2) 水銀添加廃製品の中間処理方法に関する海外の規定及びガイドライン

水銀添加廃製品の中間処理方法に関する海外の規定及びガイドラインの内容は以下のとおりである。

⁸¹ 浅利美鈴. (2014) 水銀添加製品処理の現状と今後の課題、公開セミナー「水銀に関する水俣条約と我が国の対応」平成 26 年 3 月 12 日

表 4.3.6 水銀添加廃製品の間接処理に関する他国の規定及びガイドライン

製品	処理方法に関する規定及びガイドライン	根拠等
蛍光ランプ	水銀はガス放電ランプに使われている。蛍光灯の処理ではシュレッダー後、ガラス、金属、及び（水銀が含まれた）粉体に分別される。この分別作業中に水銀蒸気又はダストの一時的放出を防がなければならない。分別作業には乾式又は湿式プロセスが利用可能	英国：Guidance on Best Available Treatment Recovery and Recycling Techniques (BATRRRT) and treatment of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) (2006年11月)
	<ul style="list-style-type: none"> 許可を受けた施設で処理、処分（直接埋立禁止）（米国コネチカット、メイン、マサチューセッツ、ニューヨーク、ロードアイランド、ヴァーモント州） TCLP試験の結果、基準を満足しない場合は、許可を受けた施設で処理、処分（米国ニューハンプシャー、ニュージャージー州） 	米国各州の関連法令
	<ul style="list-style-type: none"> 使用済蛍光ランプはリサイクルすることが望ましく、ランプ残渣が有害ではなく、溶出しないようにされた場合のみ埋立処分すべき 	カナダ CANADA-WIDE STANDARD for MERCURY-CONTAINING LAMPS
電池	<ul style="list-style-type: none"> 廃電池等の処理・リサイクル制度を構築しなければならないが、国内に処理やリサイクルの市場がない場合、あるいは環境・経済・社会的影響についての詳細な評価を行った結果、処分がリサイクルより好ましい場合は、回収したカドミウム、水銀、鉛を含む携帯型電池等を埋立処分するか、保管することが認められている 産業用及び自動車用の廃電池等の埋立及び焼却は禁止 	EU電池指令
	技術的及び経済的に可能であれば、全ての電池はBATを用いて処理及びリサイクルされなければならない	（ドイツ）電池及び蓄電池に対する廃棄物関連製品責任法を改正する法律（2009年6月25日）

（3） 水銀添加廃製品の溶出試験の結果等

1) 計測器

温度計、圧力計などの計測器には、金属水銀がそのまま充填されており、製品の破砕や破損時には水銀の飛散流出が懸念される。各製品の平均的な金属水銀量を以下に示す。

表 4.3.7 計測器に含まれる金属水銀含有量

	品目	生産量 (2010年) (個)	水銀含有量 (g/個)
工業用計測器	ガラス製水銀温度計	103,870	3.7
	水銀充満式温度計*	3,584	100
	基準液柱型圧力計	14	1,500
	高温用ダイヤフラムシール圧力計**	1,156	40
	液柱型水銀気圧計	20	2,000
医療用計測器	水銀体温計	0***	1.2
	水銀式血圧計	40,038	47.6

*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、圧力トランスミッタ 262 台である。

***国内生産量はないが、約 15 万本ほど輸入されている。

2) 蛍光ランプ

蛍光ランプについては、過去に環境省が実施した以下の分析結果がある。溶出試験の結果をみると、5年程度の寿命⁸²として2008年以降の製品でも管理型処分場の受入基準(0.005mg/L)を満足しない場合がある。

表 4.3.8 蛍光ランプの分析結果(含有量、溶出量)

メーカー・型	製造年	含有試験 (wt%)	溶出試験(mg/L)	出典
D社モニター	2003	0.036	0.048	使用済み電気・電子機器輸 出時判断基準及び金属スク ラップ有害特性分析手法等 検討会(第5回、平成25年 2月8日)資料7
G社モニター	1998	0.032	0.54	
W社モニター	2008	0.001	0.32	
D社液晶テレビ	2003	0.0041	0.034	
F社液晶テレビ	2007	0.008	0.17	
F社パソコン	2005	0.0047	0.096	含有試験はIEC 62321-7(電 子技術製品の含有物の測定 ⁸³) 溶出試験は環境庁告示13号
A社蛍光灯	2008以前	0.0002	0.0025	
A社蛍光灯	2008以前	<0.0001	0.026	
A社蛍光灯	2008以前	<0.0001	0.013	
A社蛍光灯	2008以降	<0.0001	0.015	
A社蛍光灯	2012	<0.0001	0.0033	
B社蛍光灯	2006以前	0.0002	0.15	
B社蛍光灯	2006以前	0.0011	0.061	
E社蛍光灯	2006以前	<0.0001	0.004	

⁸² 寿命15000時間、1日8時間点灯の場合、5.1年

⁸³ 水銀の測定には、CV-AAS, ICP-OES, ICP-MS, AASが用いられる。
<http://www.jsac.or.jp/bunseki/pdf/bunseki2009/200912minifile.pdf>

メーカー・型	製造年	含有試験 (wt%)	溶出試験 (mg/L)	出典
N 社蛍光灯	2007-2011	0.0003	0.064	
廃蛍光管 (フリップ 一般形)		0.00026	0.047	平成 22 年度産業廃棄物から の有害物質溶出調査業務報 告書 含有試験は環境庁告示 19 号 溶出試験は環境庁告示 13 号
廃蛍光管 (フリップ 三波長形)		0.00065	0.052	
廃蛍光管 (高周波 三波長形)		0.00063	0.078	
新品蛍光管 (フリップ 三波長形)		0.00011	0.0081	

2) ボタン形電池

ボタン電池については、食塩水 (NaCl 3%) 及び焼却灰を含む水に 5 年程度浸漬した実験の結果、1 年から 2 年で金属ケースに穴があいて水銀が溶出したことが報告されている⁸⁴。

平成 25 年度に実施した、ボタン形電池の溶出試験の結果を以下に示す。破碎したボタン型電池については、13 号試験において、水銀濃度は管理型処分場の受入基準 (0.005mg/L) を上回り、有姿のタンクリーチング試験においては、水銀濃度は土壌の環境基準 (0.0005mg/L) を上回った。

表 4.3.9 ボタン形電池の溶出試験の結果

試験方法	重金属濃度 (mg/L)				pH
	Hg	Zn	Pb	Cd	
13 号試験	13.4	22	0.052	<0.01	12.40
タンクリーチング試験	0.00070	0.023	<0.01	<0.01	11.50

4.4 水銀廃棄物の処理コストの試算

4.4.1 試算方法

(1) 費用構造

現在、水銀を含む廃棄物等から回収した水銀は売却されているが、回収水銀を廃棄物として処分する場合の処理コストは、水銀精製費は低減するものの、水銀安定化・固型化費及び最終処分費が追加される。また、金属水銀が大量に回収される廃棄物等の場合は、水銀売却収入を加味した処理費用が設定されていることから、売却益がゼロとなれば、その分の処理費用の増加が見込まれる。ここでは、金属水銀が大量に回収される非鉄金属製錬スラッジについて、売却益を加味し、その他の廃棄物からは金属水銀が大量に回収されないとして売却益を加味せず、試算を行う。

⁸⁴ 高月紘. (1991) 有害廃棄物の適正処理に関する研究, 公衆衛生研究 40(2):152-163.

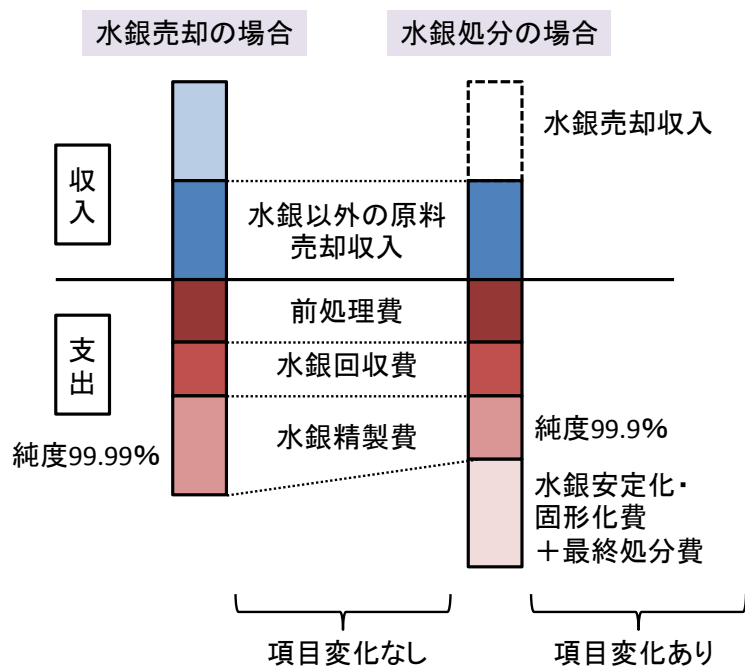


図 4.4.1 水銀を売却する場合と廃棄物として処分する場合の費用構造の変化
(大量に水銀が回収される場合)

(2) コスト試算対象廃棄物等及び水銀回収量

1) 非鉄製錬スラッジ・廃金属水銀・水銀汚染物

平成 24 年度に実施した産業廃棄物処理業者に対するアンケート調査結果によって得られた、平成 22 年度における以下の非鉄製錬スラッジ、廃金属水銀、水銀汚染物の回収量、水銀回収量を用いて、処理コストの試算を行う。なお、この数値は、アンケート調査に回答した処理業者が扱う数量であり、国内全体の水銀回収が行われる廃棄物等の回収量、水銀回収量ではない。

表 4.4.1 コスト試算に用いる非鉄製錬スラッジ・廃金属水銀・水銀汚染物の回収量及び水銀回収量

	物質回収量(t)	水銀回収量(kg)
非鉄製錬スラッジ	659.0	36,202
廃水銀		8,654
汚泥	1,742.2	3,232
歯科用アマルガム	2.1	985
ばいじん	73,323	142
廃液	27.5	1

2) 水銀添加廃製品

平成 24 年度に実施した産業廃棄物処理業者に対するアンケート調査結果によって得られた、平成 22 年度における以下の廃製品回収量、水銀回収量を用いて、処理コストの試算を行う。なお、この数値は、アンケート調査に回答した処理業者が扱う数量であり、国内全体の製品回収量、水銀回収量ではない。

表 4.4.2 コスト試算に用いる廃製品回収量及び水銀回収量

廃製品	一般廃棄物		産業廃棄物	
	製品回収量(t)	水銀回収量(kg)	製品回収量(t)	水銀回収量(kg)
ランプ類	5,147	204	8,000	1,487
電池	11,200	193	1,163	363
計測器	0.3	21	9	503

(3) 処理方法

1) 非鉄製錬スラッジ・廃金属水銀・水銀汚染物からの水銀回収

非鉄製錬スラッジ・廃金属水銀及び水銀汚染物からの水銀回収方法として、次の工程について試算する。

表 4.4.3 非鉄製錬スラッジ・廃金属水銀及び水銀汚染物からの水銀回収方法 (の例)

物質	水銀回収方法
非鉄製錬スラッジ	<ul style="list-style-type: none"> 前処理→焙焼工程⇒水銀回収 (水銀濃度 80%のスートにしてから、水銀を精製)
廃金属水銀	<ul style="list-style-type: none"> ろ過分離→水銀精製工程 ろ過残滓→焙焼処理
その他のスラッジ、ばいじん	<ul style="list-style-type: none"> 前処理→焙焼工程⇒水銀回収

2) 水銀添加廃製品からの水銀回収

蛍光ランプ、電池、計測器からの水銀回収方法として、次の工程について試算する。

表 4.4.4 廃製品からの水銀回収方法 (の例)

廃製品	水銀回収方法
蛍光ランプ	<ul style="list-style-type: none"> 破碎→選別工程→湿式洗浄工程→洗浄乾燥工程 集塵ダスト、洗浄スラッジ、水銀吸着剤 (乾式、湿式) →焙焼工程⇒水銀回収
電池	<ul style="list-style-type: none"> 選別工程(二次電池選別)→焙焼工程⇒水銀回収
計測器	<ul style="list-style-type: none"> 破碎→水銀分離→焙焼工程⇒水銀回収 集塵ダスト、水銀吸着剤 (乾式) →焙焼工程⇒水銀回収

3) 金属水銀の安定化・固型化

回収された水銀を製品として売却する場合は 99.99%以上の純度まで、廃棄物として処分する場合は 99.9%の純度まで精製する。後者の場合、99.9%の水銀を黒色硫化水銀とし、さらに硫黄ポリマー化したものは、溶出試験の結果、管理型処分場に処分できることが把握されていることから、その処理を行い、管理型処分場又は遮断型処分場に埋立処分を行う場合を試算する。

また、99.9%の純度まで精製した後、黒色硫化水銀にしてステンレス製のドラム缶に入れて遮断型処分場に処分する場合、99.9%の純度まで精製した金属水銀をステンレス製の容器に入れて、遮断型処分場に処分する場合 (この場合、処分場の廃止はなく、永続的に管理が必要。) について

も試算を行う。

表 4.4.5 廃金属水銀の処理コストの試算に用いたシナリオ

	水銀純度	安定化・固型化方法	処分先
1	99.9%	黒色硫化水銀として安定化+硫黄ポリマーで固型化	管理型 ^{注1)}
2	99.9%	黒色硫化水銀として安定化+硫黄ポリマーで固型化	遮断型
3	99.9%	黒色硫化水銀として安定化+ステンレス製のドラム缶に密封	遮断型
4	99.9%	金属水銀をステンレス製の二重構造の容器に密封	遮断型（地上構造物もありえる） ^{注2)}

注1：管理型処分場に処分する場合は、雨水浸入防止措置等を講ずることが議論されているが、今回のシナリオには含めていない。

注2：金属水銀のオプションの場合は、最終処分ではない（処分場の廃止はなく、永続的に管理が必要）ことを想定する。

（４） 処理単価・原価

１） 中間処理単価

１）－１ 非鉄製錬スラッジ・廃金属水銀・水銀汚染物等

非鉄製錬スラッジ、ばいじん、廃金属水銀の精製純度が変化する場合、廃金属水銀の安定化・固型化前の中間処理（前処理、水銀回収、水銀精製）単価（排出者から受け取る金額）の変化は以下のとおりである。

表 4.4.6 水銀純度の変化に伴う安定化・固型化前の中間処理単価の変化

物質	水銀純度 99.99%→99.9%
非鉄製錬スラッジ	80%のスートにするコスト：同額（スラッジあたり） スートから水銀に調整するコスト：-430 円/kg（金属水銀あたり）
廃金属水銀	-215 円/kg（金属水銀あたり）
ばいじん、汚泥	-3 円/kg（廃棄物あたり）
その他（廃液、歯科用アマルガム）	-1 円/kg（廃棄物あたり）

１）－１ 水銀添加廃製品

廃製品から回収した水銀の精製純度が変化する場合、廃製品の中間処理単価の変化は以下のとおりである。

表 4.4.7 水銀純度の変化に伴う中間処理単価の変化

廃製品	水銀純度 99.99%→99.9%
蛍光ランプ	-1 円/kg (廃製品重量あたり)
電池	-2 円/kg (廃製品重量あたり) *
計測器	-31 円/kg (廃製品重量あたり)

*処理工程が同様のため、非鉄精錬スラッジ以外の産廃（汚泥、ばいじん等）の単価を適用

2) 安定化・固型化の原価及び処分容器の原価

廃棄物として処分する場合、水銀を黒色硫化水銀にするコスト、黒色硫化水銀にして硫黄ポリマー化するコストは以下のとおりである。また、黒色硫化水銀として容器に入れて処分する場合は、ステンレス製ドラム缶に入れ(水銀として 500kg 処分可能、但し 2 段積みとして 1 段目 500kg、2 段目 300kg とする)、金属水銀として容器に入れて処分する場合は、ステンレス製二重構造容器（水銀として 1,000kg 処分可能）に入れることを想定し、容器の費用を以下のように設定した。これらの金額は原価であり、実際に排出者が支払うのは事業者の販管費、利益等が上乗せされた価格となる。

表 4.4.8 水銀安定化・固型化及び処分容器の原価

処分方法	安定化・固型化原価	処分容器原価
黒色硫化水銀として安定化 +硫黄ポリマーで固型化	330 円/kg (水銀あたり)	—
黒色硫化水銀として安定化	142 円/kg (水銀あたり)	163 円/kg (水銀あたり) ステンレス製ドラム缶 200L (水銀として 1 段目 500kg、2 段目 300kg 処分可能) 65,000 円/本から算定
金属水銀のまま	—	158 円/kg (水銀あたり) ステンレス製二重構造容器 (水銀として 1,000kg 処分可能) 158,000 円/本から算定

3) 最終処分原価

平成 22 年度に回収されたことが確認された水銀約 52.5 トン（製品以外の廃棄物等から回収された分を含む）を硫化し、硫黄ポリマーで固型化した後の容積は約 10 倍の 43m³ となり、50 年の埋立期間に応じた処分場の容積は 2,157m³ となる。

管理型処分場及び遮断型処分場に 50 年埋め立てた場合の処分原価は次のように試算される。これらの金額は原価であり、実際排出社が支払うのは事業者の販管費、利益等が上乗せされた価格となる。

なお、管理型処分場に対する、他の廃棄物との混合埋立禁止、雨水浸入防止措置、水銀流出防止措置、埋立終了時の不透水層の敷設によるキャッピング等の多重防護策、管理型処分場及び遮断型処分場に対する長期的なモニタリングについては、この試算には反映されていないため、追

加的なコストが必要となることに留意されたい。

表 4.4.9 黒色硫化水銀の硫黄ポリマー固型化物の処分場建設原価及び維持管理原価

処分先	埋立期間	処分場建設費	処分場維持管理費
34,000m ³ の管理型処分場	50年	8円/kg（水銀あたり）	3.3円/kg（水銀あたり）
412.5m ³ の遮断型処分場6か所分	50年	126円/kg（水銀あたり）	11.3円/kg（水銀あたり）

注）本試算では廃止の有無による違いまでは考慮していない。また、管理型処分場に処分する際、水との接触の抑制等特別な埋立基準の設定によっては、処分費がより高くなる可能性がある。

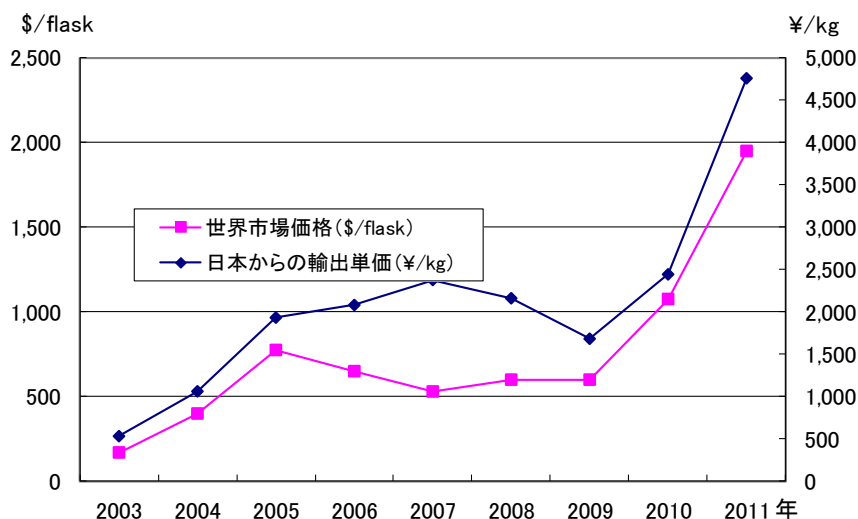
また、黒色硫化水銀又は金属水銀として容器に入れて遮断型処分場に処分する場合は、処分槽（5m×5m×5.5mD）に格納できる容器の数に応じて、遮断型処分場の数を変化させた。黒色硫化水銀を処分する容器はステンレス製ドラム缶で直径585mm、高さ895mmであり、上からクレーンで釣って処分槽に2段で積むことを想定する。金属水銀を保管する容器はステンレス製二重構造で直径200mm、高さ4000mmの細長い形状で、上からクレーンで釣って処分槽に入れることを想定する。これらの金額は原価であり、実際に排出者が支払うのは事業者の販管費、利益等が上乗せされた価格となる。

表 4.4.10 黒色硫化水銀又は金属水銀の処分場建設原価及び維持管理原価

水銀形態	必要となる処分容器の数	必要となる槽及び処分場の数	埋立期間	処分場建設費	処分場維持管理費
黒色硫化水銀	6,557本 （φ585×H895）	槽34.15 処分場12	50年	275円/kg （水銀あたり）	11.3円/kg （水銀あたり）
金属水銀	2,623本 （φ200×H4000）	槽4.20 処分場2	50年	34円/kg （水銀あたり）	11.3円/kg （水銀あたり）

4）水銀売却益

水銀の売却収入は、市場価格によって左右される（図4.4.2参照）。コスト試算にあたっては、日本からの水銀の輸出単価が大きく変化した2009年（1,682円/kg）及び2011年（4,758円/kg）の値を用いて水銀売却収入の影響をみる（非鉄製錬スラッジの場合のみ）。なお、水銀売却収入は輸出単価100%及び50%の2つのシナリオで試算した。



注: 2011年の\$/flaskは見直し。1flask=34.5kg
 出典: 財務省貿易統計及びUSGS Mineral Commodity Summary

図 4.4.2 水銀の日本からの輸出単価と世界市場価格

4.4.2 処理コスト⁸⁵試算結果

(1) 非鉄製錬スラッジ・廃金属水銀・水銀汚染物

これまで中間処理を行って売却していた水銀を廃棄物として処分する場合の物質1トンあたりの処理コストを試算した結果、表 4.4.11 のように、水銀濃度の低いばいじん、汚泥、廃液は処理コストがほとんど変化しないが、水銀濃度の高い物質ほどコストが増加することが分かった。

表 4.4.11 水銀を廃棄物として処分する場合の物質 1t あたりの処理コストの変化

物質	処理方法			
	黒色硫化水銀+硫黄ポリマー固型化		黒色硫化水銀	金属水銀
	管理型処分場	遮断型処分場	遮断型処分場	遮断型処分場
非鉄製錬スラッジ	4,000 円+α	33,000 円+α	39,000 円+α	18,000 円+α
廃金属水銀	291,000 円+α	807,000 円+α	931,000 円+α	543,000 円+α
ばいじん	ほぼ同様	ほぼ同様	ほぼ同様	ほぼ同様
汚泥	ほぼ同様	ほぼ同様	ほぼ同様	ほぼ同様
歯科用アマルガム	240,000 円+α	486,000 円+α	544,000 円+α	360,000 円+α
廃液	ほぼ同様	ほぼ同様	ほぼ同様	ほぼ同様

⁸⁵ 収集運搬コストは含まない。

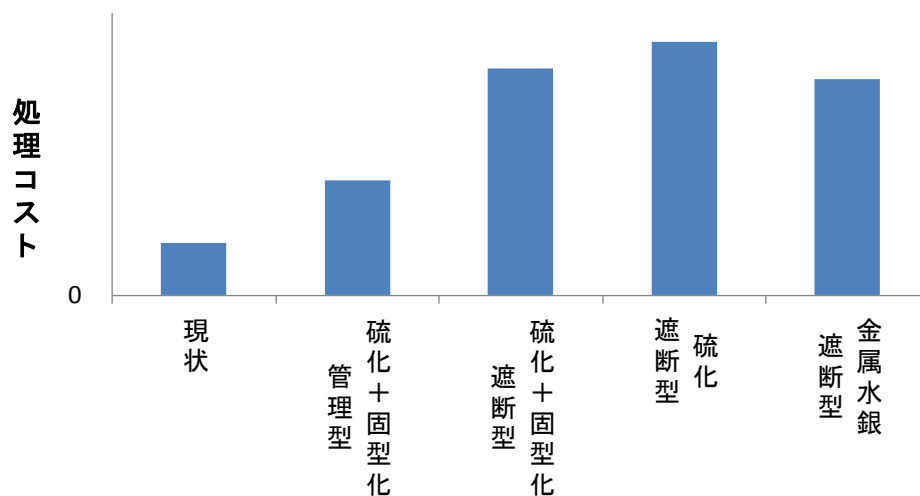


図 4.4.3 廃金属水銀 1t あたりの現在の処理コストと廃棄物として処分する場合の処理コスト (イメージ)

また、回収された水銀の売却益を得ていた非鉄製錬スラッジの場合、逸失売却益を加味したコストの変化を表 4.4.12 に示す。

表 4.4.12 水銀を廃棄物として処分した場合の非鉄製錬スラッジ 1t あたりの処理コストの変化 (非鉄製錬スラッジから回収される水銀の売却益を加味した場合)

水銀売却益の種別	処理方法			
	黒色硫化水銀+硫黄ポリマー固型化		黒色硫化水銀	金属水銀
	管理型処分場	遮断型処分場	遮断型処分場	遮断型処分場
売却益を加味しない	4,000 円+ α	33,000 円+ α	39,000 円+ α	18,000 円+ α
2009 年水銀価格(100%)	97,000 円+ α	125,000 円+ α	132,000 円+ α	110,000 円+ α
2009 年水銀価格(50%)	50,000 円+ α	79,000 円+ α	86,000 円+ α	64,000 円+ α
2011 年水銀価格(100%)	266,000 円+ α	294,000 円+ α	301,000 円+ α	279,000 円+ α
2011 年水銀価格(50%)	135,000 円+ α	163,000 円+ α	170,000 円+ α	149,000 円+ α

(2) 水銀添加廃製品

これまで廃製品から回収して売却していた水銀を廃棄物として処分する場合の廃製品 1 トンあたりの処理コストを試算した結果、表 4.4.13 及び表 4.4.14 のように、廃棄物重量あたりの水銀含有量が少ないランプ類、電池は現在の処理コストとほぼ同様であるが、水銀含有量が多い計測器は、コスト増となることが分かった。

表 4.4.13 水銀を廃棄物として処分する場合の廃製品 1t あたりのコストの変化
(一般廃棄物)

廃製品の種類	処理方法			
	黒色硫化水銀+硫黄ポリマー固型化		黒色硫化水銀	金属水銀
	管理型処分場	遮断型処分場	遮断型処分場	遮断型処分場
ランプ類	ほぼ同様	ほぼ同様	ほぼ同様	ほぼ同様
電池	ほぼ同様	ほぼ同様	ほぼ同様	ほぼ同様
計測器	5,000 円+ α	41,000 円+ α	49,000 円+ α	23,000 円+ α

表 4.4.14 水銀を廃棄物として処分する場合の廃製品 1t あたりのコストの変化
(産業廃棄物)

廃製品の種類	処理方法			
	黒色硫化水銀+硫黄ポリマー固型化		黒色硫化水銀	金属水銀
	管理型処分場	遮断型処分場	遮断型処分場	遮断型処分場
ランプ類	ほぼ同様	ほぼ同様	ほぼ同様	ほぼ同様
電池	ほぼ同様	ほぼ同様	ほぼ同様	ほぼ同様
計測器	ほぼ同様	24,000 円+ α	30,000 円+ α	10,000 円+ α

5. 水銀廃棄物の環境上適正な管理のあり方に関する基本的考え方

5.1 廃金属水銀の管理の考え方

- 回収・再生される金属水銀はこれまで有価物として取り扱われており、廃棄物処理法の適用を想定していなかったが、今後廃棄物として取り扱われるようになるものについては、その有害性等に鑑みて、環境上適正に処理されるよう、特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に指定し、特別な処理基準を設定する必要がある。
- これまでの技術的な検討の結果、純度 99.9%以上の金属水銀を硫化した上で固型化すれば、溶出試験結果が 0.005mg/L 未満となり、管理型処分場での埋立処分が可能となる溶出基準を満たす。このため、処理物の長期安定性を引き続き検証しつつ、管理型最終処分場に処分する場合は、特別な埋立基準（混合理立の禁止、雨水浸入防止措置等）や水銀処理物の埋立記録の保管、処分場廃止後の形質変更の制限等を検討する。遮断型最終処分場に処分する場合は、漏出リスク及び経済的合理性を考慮し、廃金属水銀の処理方法（①金属水銀の容器密封、②硫化水銀の容器封入、③硫化+固型化）の検討を行う。
- 2030 年以降の廃金属水銀の年間発生量は、フローで 43 トン程度（8 割以上が非鉄製錬スラッジ由来）、容量で約 3m³相当（中間処理後は約 10 倍）の少量で推移すると考えられており、取扱業者も数社に限られることから、既存の水銀回収ルートを活かして廃金属水銀の適正処理の体制を確保していくことが適当である。

5.2 水銀汚染物の管理の考え方

- 廃棄物処理法では、水銀を含む汚泥やばいじん等を管理型最終処分場に処分する場合、あらかじめ水銀の溶出が 0.005mg/l 以下になるよう処理しなければならない。その処理方法は、薬剤処理やセメント固化、硫化等あり、どの処理方法を用いるかは事業者の判断に委ねられている。
- 水銀含有量が 1,000 mg/kg(0.1%)以上の汚染物は、水銀化合物の形態によっては、キレート処理や固化では水銀溶出を抑制できない恐れが高く、溶出が抑制できない場合は、水銀回収及び回収した水銀の安定化処理が必要となる。このため、水銀を一定濃度以上含有する汚染物の処理方法として、水銀回収を明示するか、今後検討を行う。

5.3 水銀添加廃製品の管理の考え方

蛍光管や体温計等の水銀添加廃製品は、廃棄物処理法上の扱いはそのものの性状によって判断され、産業廃棄物であれば、例えば蛍光管は金属くず、ガラスくず等の混合物として取り扱われる。現在は、水銀回収や固化処理が行われているものもあるが、直接、埋立処分（一般廃棄物最終処分場、安定型又は管理型産業廃棄物最終処分場）がなされているものもある。

水銀条約発効の影響を踏まえた各廃製品の回収スキームの維持・改善や、適正処理の方策につ

いては、基本的には以下のような考え方で今後も検討していくことが望ましい。

<一般廃棄物としての水銀添加廃製品>

- 水銀添加廃製品のうち一般廃棄物にあたるものとしては、主に、電池、蛍光管及び水銀体温計が挙げられ、これらの製品については、既に水銀フリーの製品への代替や水銀含有量の削減が進められており、条約の影響もあり、この傾向は続くものと考えられる。
- 乾電池及び蛍光管等のからの水銀回収については、すでに市町村・全都清を經由し野村興産等で処理されるルートが存在する。
- また、不燃ごみとして埋立処分等がなされている場合、これまでの実態調査においては排水基準を超過した事例は見られず、周辺環境大気の測定結果についても指針値をほとんど下回っている(指針値:40ng/m³)ことから、従前の処理方法で問題は生じていないと考えられる。ただし、引き続きデータの収集・分析は行う必要があることから、一般廃棄物処理施設からの水銀排出状況等の調査を行っているところである。
- 以上のことから、排出・処理状況について引き続き知見を集積するとともに、市町村・全都清ルートなどでの回収をより一層促進することが重要である。

<産業廃棄物としての水銀添加製品>

- 水銀添加廃製品は、廃棄物処理法上の扱いはそのものの性状によって判断され、例えば蛍光管は金属くず、ガラスくず等の混合物として取り扱われる。現在は、水銀回収や固化処理が行われているものもあるが、直接、埋立処分がなされているものもある。
- 金属水銀が特別管理産業廃棄物と指定されれば、血圧計等、金属水銀を含有する廃製品は、特別管理産業廃棄物とガラスくず等の混合物として取り扱われることから、現在検討中の金属水銀の硫化水銀化等の特別管理産業廃棄物の処理基準に従って処分するために、金属水銀が廃製品より回収され、処理基準に従って処理されることが見込まれる。
- 通常の産業廃棄物として取り扱われる水銀添加廃製品であって、注意が必要なものは、照明機器類とボタン形電池が挙げられる。
- 照明機器類とボタン形電池は、水銀の含有量が少なく、上流対策により使用量の減少や代替化が進むことが見込まれていることから、一律に廃製品からの水銀の回収を義務づける必要性は低いと考えられる。
- ただし、現在、蛍光管等を破碎したものがガラスくずとして安定型処分場に処分されるケースもあり得ることから、水銀が付着したガラスくずや金属くずなどが安定型処分場に処分されることのないよう、こうした廃棄物の安定型処分場への埋立禁止の明確化が適当である。
- また、蛍光ランプの溶出試験では、管理型処分場の埋立基準である 0.005mg/l を超える水銀の溶出がみられたことから、水銀含有汚泥等と同様、こうした廃製品を管理型処分場に埋め立てる場合には、不溶化等の処理(水銀回収も含む。)を行い、水銀の溶出を 0.005mg/l 以下に抑えた上で行うことが適当である。

表 5.3.1 リスクに応じた水銀添加廃製品（産廃）の対応（案）

(高い)
↑
優先度

廃製品の種類	水銀の環境中への放出リスク	対応の方向性
計測機器類	<ul style="list-style-type: none"> ・ 金属水銀が封入されており、飛散リスクが高い。 ・ 水銀封入量が一定量ある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水銀回収→安定化
照明機器類	<ul style="list-style-type: none"> ・ 含有量は少ない（3～7mg/本）。 ・ 代替化が見込まれる ・ 破損しやすく、溶出がみられる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水銀回収→安定化 ・ 不溶化処理
ボタン型電池	<ul style="list-style-type: none"> ・ 含有量は少ない（0.5～2mg/個） ・ 代替化がある程度見込まれる ・ 破碎すると、溶出がみられる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水銀回収→安定化 ・ 不溶化処理 ・ 管理型処分場への処分

6. 今後の課題

6.1 廃金属水銀の管理

廃金属水銀の管理に関する今後の課題は以下のように整理される。

- 条約の発効後は、水銀添加製品の製造禁止など水銀の使用規制に伴い水銀の需要は低減していくと予想されるが、同時に条約上認められた用途も存在するため、我が国の再生水銀への国内外からの需要は一定量存在すると考えられる。このため、回収水銀のどの程度が廃棄物となるか、水銀需要の動向に留意が必要である。なお、回収水銀の廃棄物の該当性については、他の廃棄物と同様、その物の性状、排出の状況、通常の見扱い形態、取引価値の有無、占有者の意思等に基づき、総合的に判断される。
- 廃金属水銀を適正に処理できるよう、今後、硫化施設の新たな設置等、処理体制を整える必要がある。
- 水銀処理物の長期安定性については、引き続き検証を行うとともに、安全を確認する観点から、処分場廃止後の周辺環境の長期モニタリングや公的関与のあり方についても整理する必要がある。
- 廃金属水銀の処理物について、処分場における受入基準の判定試験方法が現行の環境庁告示13号のみで十分かどうか、検討が必要である。
- 廃金属水銀の中間処理の固化方法について、強度の検討及び低アルカリセメントによる固化法のさらなる検討を行うことが適当である。

6.2 水銀汚染物の管理

水銀汚染物の管理に関する今後の課題は、以下のように整理される。

- 水銀汚染物における水銀の溶出量と含有量の関係について、条約における水銀廃棄物の閾値の議論を念頭に、さらに知見を充実させる必要がある。

6.3 水銀添加廃製品の管理

水銀添加廃製品の管理に関する今後の課題は以下のように整理される。

- 家庭や事業所、医療機関等において保有されている水銀のストック量は60トン程度と推計され、体温計や血圧計等、不適正処理のリスクが高いと考えられる退蔵品については、回収キャンペーン等の回収促進策を検討する。
- 廃製品からの水銀回収方法及び飛散防止措置については、国内外の情報を整理し、環境上適正な方法の検討を行う。

- 取扱いに注意が必要な廃製品を「水銀含有産業廃棄物」（注：「石綿含有産業廃棄物」と同様、通常の産業廃棄物としての分類。）として指定し、当該廃棄物の運搬時や破碎時における水銀の飛散防止や、他の廃棄物との混合防止、マニフェストへの記載等の措置を検討する。
- 廃製品中の水銀含有の表示や代替化の促進など、上流側の対策も踏まえた制度設計となるよう留意する。