

參考資料

1. 水銀を含む排出物のフロー算定根拠

1. 1 非鉄金属製錬施設

1. 1. 1 非鉄金属製錬からの水銀大気排出量

日本鉱業協会からの報告によれば、国内の非鉄金属製造施設における排ガス実測データに基づき、大気排出水銀量は下記のとおり推計されている。

表 1-1：非鉄金属製錬からの水銀大気排出量推計

施設の種類の種類	排ガス中 Hg 濃度 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	年間排ガス量 ($\text{Nm}^3/\text{年}$)	備考	大気排出量 (t-Hg)
非鉄金属製造施設	18.6 (平均値)	5.0×10^{10}	※1	0.94

※1：国内 6 社 18 事業所のデータに基づく。国内で鉱石を扱う一次製錬会社のほぼ全てをカバー。

1. 1. 2 非鉄金属製錬からの排出物の最終処分量

その他、スラッジからの水銀回収量等の非鉄金属製錬に係る水銀フローについても、フロー図のとおり、日本鉱業協会より 2010 年度の数値が報告されている。最終処分される排出物の種類、処分先、量及び水銀含有量は以下のとおりである。

表 1-2：非鉄金属製錬からの排出物の最終処分量される排出物

排出物	年間処分鉱量	水銀濃度	年間処分量に含まれる水銀量	処分先
鉱滓類	104,678 トン	検出下限値以下	0.05 t-Hg 未満	管理型（廃掃法） ^{注1}
	95,327 トン	検出下限値以下	0.05 t-Hg 未満	管理型（保安法） ^{注2}
排水澱物	2,082 トン	0.8~160* ppm	0.335 t-Hg	中間処理（乾燥）委託の上、管理型（廃掃法）
	2,527 トン +50,183m ³	0.8~160* ppm	0.586 t-Hg	管理型（保安法） ^{注3}
合計			1.0 t-Hg 程度	

*：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：「管理型（廃掃法）」は、廃棄物処理法の許可を受けた処分場。他社委託。

注2：「管理型（保安法）」は、鉱山保安法の許可を受けた自社保有の処分場。

注3：自社内の管理型処分場に処分される排水澱物（管理型（保安法））については、最終処分のための中間処理は行っていない。排水処理は中和・凝集沈殿法（鉄共沈）。

1. 2 原油・天然ガス生産施設

1. 2. 1 原油・天然ガス生産施設からの水銀大気排出量

平成 25 年度調査では、国内に原油・天然ガス生産施設を保有する企業 3 社にヒアリングを実施した。3 社全てから回答があり、3 社の排出量合計値は約 50g (0.00005t) であった。

国内の原油・天然ガス生産施設からの 2010 年度の水銀大気排出量としては、上記のヒアリング結果を最小値として取り扱うこととする。

更新項目	平成 24 年度推計結果	平成 25 年度推計結果
原油・天然ガス生産施設	0.001 t 未満	0.00005 t 以上

1. 2. 2 原油・天然ガス生産施設から排出される水銀含有廃棄物

水銀含有廃棄物からの水銀回収を行っている事業者へのヒアリング結果によると、国内3箇所のガス田から、セパレータスラッジ及び廃金属水銀が排出され、事業者処理委託されている。

また、平成 25 年度の国内主要企業 3 社へのヒアリング調査結果によると、2010 年度の原油・天然ガス生産施設からの排出物は合計で 270 トン、排出物に含まれる水銀量は合計で 2.2 t-Hg 以上である。

1. 2. 3 原油・天然ガス製品中に含まれる水銀量

原油・天然ガスの製品中に含まれる水銀量は、2kg-Hg 未満と推計された。

1. 3 一般廃棄物焼却施設

1. 3. 1 一般廃棄物の焼却に伴う大気への水銀排出量

一般廃棄物の焼却に伴う大気への水銀排出量は、環境省の平成 24 年度調査において、国内の一般廃棄物焼却施設における排ガス測定データから算出された総括排出係数¹に 2010 年度の活動量をかけることで、以下のとおり推計されている。

表 3-1：総括排出係数を用いた一般廃棄物焼却からの水銀大気排出量推計

一般廃棄物焼却施設の種類	焼却量 (千 t/年)	総括排出係数 (mg-Hg/t)	備考	大気排出量 (t-Hg)
焼却施設 (灰溶融併設施設を除く)	28,565	42~61	※1	1.2~1.7
灰溶融併設施設	6,381	16~28	※2	0.10~0.18
計				1.3~1.9

※1：全国稼働中の 1,878 施設中、58 施設のデータを基に算出（カバー率 3%）

※2：全国稼働中の 360 施設中、6 施設のデータを基に算出（カバー率 1.7%）

1. 3. 2 一般廃棄物焼却に係る水銀フロー

(1) 一般廃棄物の焼却に伴う最終処分場への水銀排出量

一般廃棄物の焼却に伴う最終処分場への水銀排出量については、(a) 一般廃棄物焼却施設から最終処分場に埋め立てられる焼却残さ（焼却灰・飛灰）の発生量と焼却残さの水銀濃度を用いる方法と、(b) 大気排出量と排出低減効率を用いる方法の 2 通りの推計を行い、数値の妥当性を検討する。

(a) 焼却残さ発生量と水銀濃度を用いた推計方法

一般廃棄物焼却施設で発生する焼却残さの水銀濃度は、環境省廃棄物・リサイクル対策部廃棄

¹ 平成 22 年度 PRTR 届出外排出量推計等検討業務報告書第 2 分冊 廃棄物処理施設に係る検討等

物対策課の調査²で把握された以下の数値を用いる。

表 3-2：一般廃棄物焼却施設で発生する焼却残さの水銀濃度

媒体	水銀濃度（最大値） (mg/kg-dry)	水銀濃度（最小値） (mg/kg-dry)	平均値 (mg/kg-dry)
焼却灰	0.07	0.01 未満	0.03
飛灰	13	0.21	5.4

また、一般廃棄物焼却施設における焼却残さの発生量は、環境省廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課で実施した「平成 22 年度一般廃棄物処理状況調査」で把握されている。焼却残さに関して、焼却灰と飛灰の内訳は明らかになっていないが、一般に廃棄物焼却施設では、投入廃棄物量に対し焼却灰が 11%、飛灰が 3%発生するため、焼却灰 90%+飛灰 10%の場合と、焼却灰 80%+飛灰 20%の場合の 2 通りを仮定し推計を行った。焼却残さ発生量に含まれる水銀量は以下のとおりである。

表 3-3：一般廃棄物焼却施設における焼却残さ（焼却灰・飛灰）発生量に含まれる水銀量

焼却残さ 発生量 (t)	水銀量 (t-Hg)	
	主 90%飛 10% (0.57mg/kg-dry)	主 80%飛 20% (1.1mg/kg-dry)
3,466,118	2.0	3.8

一般廃棄物の焼却に伴う最終処分場への水銀排出量：2.0～3.8 t-Hg

(b) 大気排出量と排出低減効率を用いた方法

一般廃棄物焼却施設で発生する焼却残さに含まれる水銀量は、(1)で推計した水銀大気排出量、排出低減効率、一般廃棄物焼却施設における金属水銀回収量を用いて、以下のとおり推計される。

表 3-4：一般廃棄物焼却施設で発生する焼却残さに含まれる水銀量

水銀大気排出量 (t-Hg)	排出低減効率	水銀除去量 (t-Hg)	金属水銀回収量 (t-Hg)	焼却残さに含まれる水銀量 (t-Hg)
1.3～1.9	91～89%	9.9～19.7	0.31	9.6～19.4

(注) 一般廃棄物焼却施設における金属水銀回収量 0.31 トンは、平成 24 年度の廃棄物処理事業者に対するアンケート調査において把握された量であり、全ての回収量とは限らない。

(c) 推計値の妥当性

(a) の推計値 2.0～3.8 t-Hg と (b) の推計値 9.6～19.4 t-Hg について、水銀添加廃製品の 2010 年度発生量に含まれる水銀量 1.6 トン (表 4-2) と整合性がとれるのは (a) の推計値であるため、本推計では (a) の推計結果を採用する。

² 環境省請負業務「平成 21 年度廃棄物処理施設からの水銀等排出状況調査業務報告書」(平成 22 年 3 月東京テクニカル・サービス株式会社) <http://www.env.go.jp/recycle/report/h23-14.pdf>

(2) 焼却残さの再資源化量に含まれる水銀量

一般廃棄物焼却施設で発生する焼却残さの再資源化量は、(2)と同様に環境省廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課の調査で把握されている。

表3-5：一般廃棄物焼却施設で発生する焼却灰・飛灰の再資源化量に含まれる水銀量

再資源化用途	飛灰・焼却灰量 (t)	水銀量 (t-Hg)		
		主 90%飛 10% (0.57mg/kg-dry)	主 80%飛 20% (1.1mg/kg-dry)	飛 100% (5.4mg/kg-dry)
焼却灰・飛灰の セメント原料化	253,426	0.14	0.28	
飛灰の山元還元	40,408			0.218
その他	785,635	0.45	0.86	
合計		0.59	1.1	0.22

(注1) 上表において「主」は主灰（焼却灰）の略、「飛」は飛灰の略

(注2) 飛灰の山元還元とは、非鉄金属回収のため非鉄金属製錬に移されることをさす。

(3) 一般廃棄物焼却施設で発生する焼却残さの最終処分量に含まれる水銀量

①と②より、一般廃棄物焼却施設における水銀フローは以下のとおりである。

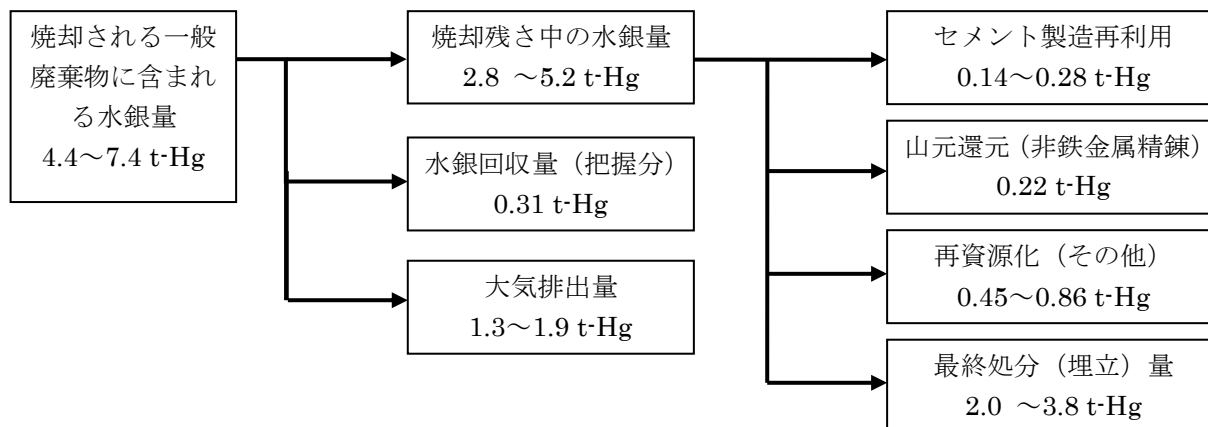


図3-1：一般廃棄物焼却施設における水銀フロー

1.3.3 一般廃棄物由来の溶融スラグの有効利用に伴う土壌への排出量

一般廃棄物焼却に伴う土壌への水銀排出量については、一般廃棄物由来の溶融スラグのうち、道路路盤材やアスファルト材のように土壌に混合又は直接敷き詰めるような用途で有効利用されるものに含まれる水銀量が土壌排出されるとして推計を行った。

一般廃棄物由来の溶融スラグの生産量については、全国産業廃棄物連合会実施の平成20年度調査³で平成18年度データが把握されている。このうち約90%が有効利用され、コンクリート製品

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

やアスファルト混合物の骨材等の代替材として利用される⁴。同熔融スラグの再資源化量は、環境省の一般廃棄物処理状況調査⁵で平成 22 年度データが把握されている。また、熔融スラグの水銀濃度については、環境省の平成 23 年度調査⁶における計測結果⁷を使用する。

以上より、一般廃棄物由来の熔融スラグの有効利用量に含まれる水銀量は以下のとおりである。

表 3-6：一般廃棄物由来の熔融スラグの有効利用量に含まれる水銀量

熔融スラグ生産量 (平成 18 年度実績)	熔融スラグ有効利用 量 (平成 22 年度実績)	水銀濃度	熔融スラグ有効利用 量中の水銀量
770 千トン	557 千トン	0.01 mg/kg-dry 未満	5.6 kg-Hg 未満

* 産業技術総合研究所による我が国の土壤中の水銀濃度データ⁸ (2007 年調査、測定地点 3024 箇所)のうち、水銀濃度が 10ppm を超える 4 箇所を除いた 3020 地点の平均水銀濃度は 0.1ppm である。熔融スラグの水銀濃度は<0.01ppm (mg/kg-dry) であり、土壤の水銀濃度を下回る数値である。

一般廃棄物焼却由来の熔融スラグの有効利用に伴う土壤への排出量：0.0056 t-Hg 未満

1. 3. 4 一般廃棄物焼却施設からの排出物の最終処分量

一般廃棄物焼却施設からの排出物の最終処分量は以下のとおりである。

表 3-7：一般廃棄物焼却施設からの排出物の最終処分量

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
焼却残さ	347 万トン	0.57~1.1 ppm	2.0~3.8 t-Hg	管理型処分場

1. 4 産業廃棄物焼却施設

1. 4. 1 産業廃棄物焼却からの水銀大気排出量

(1) 原燃料中の水銀濃度を用いた試算

2005 年インベントリ推計時に用いた原料中水銀濃度および排出低減効率に、2008 年度の活動量 (医療廃棄物は 2010 年(暦年)) をかけると、水銀大気排出量は次のとおり算出された。

⁴ 平成 18 年 7 月には道路用材・コンクリート用骨材としての熔融スラグの JIS が制定されている。

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

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

⁵ 「平成 22 年度一般廃棄物処理状況調査」 http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/h22/index.html

⁶ 「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)

⁷ JIS A 5032, JIS A 5031 では熔融スラグに係る含有量基準を「総水銀 15mg/kg 以下」と定めているが、生産工程において 1200℃以上という高温条件で加熱しているため、水銀はほとんど検出されない。

⁸ <http://riodb02.ibase.aist.go.jp/geochemmap/data/download.htm>

表 4-1：原燃料中の水銀濃度を用いた産業廃棄物焼却からの水銀大気排出量推計

廃棄物種類	水銀濃度 (g/t)	焼却量 (千 t/yr) ※1	排出低減 効率	大気排出量 (t-Hg)	
汚泥	0.446	11,774	0.479	2.7	
廃油	—	1,601			
廃プラスチック類	0.115～0.384	660		0.04～0.13	
燃え殻	—	1,368			
廃酸	0.002～0.187	59		0.0001～0.006	
廃アルカリ	—	1,181			
紙くず	0.018	368		0.003	
木くず	0.013～0.113	522		0.004～0.031	
金属くず	—	31			
ガラスくず等	—	203			
鋳さい	—	4,433			
ばいじん	—	6,722			
繊維くず	0.161～0.493	10		0.0008～0.0025	
動植物性残さ	—	819			
医療廃棄物	1.00～2.35	983		0.52～1.2	
計					3.3～4.1

※1：「汚泥～動植物性残さ」の焼却量は、中間処理のための焼却処理施設への投入量の推計値⁹。中間処理業者に対するアンケート調査結果および「産業廃棄物排出・処理状況調査報告書（環境省）」の産業廃棄物の中間処理量を基に推計されており、必ずしも信頼性が高くない推計結果も含まれている可能性がある。

「医療廃棄物」の焼却量は、全国の病床数に、下記の1床あたり排出量および焼却率（いずれも医療廃棄物白書2007を参考に設定）を掛けて算出したものの合計。医療廃棄物白書2007より、医療廃棄物を院内または自治体のみで処理している割合は少ないと考えられることから、外部委託率は考慮しなかった。

	1床あたり排出量	推定焼却量	焼却率
感染性廃棄物	0.174 (t/年・床)	250	90%
非感染性廃棄物	0.575 (t/年・床)	733	80%

「産業廃棄物排出・処理状況調査報告書（環境省）」においては、医療廃棄物焼却量は「汚泥～動植物性残さ」の焼却量の内数となるため、医療廃棄物焼却量はダブルカウントされることになるが、全体の約3%と少ないため加算している。

（2）総括排出係数を用いた推計

①医療廃棄物非焼却時の総括排出係数、②医療廃棄物焼却時の総括排出係数¹⁰、及び③両者を区別しない総括排出係数を用いた推計を試みた。

国内の産業廃棄物焼却施設における排ガス測定データを用いて算出した総括排出係数に産業廃棄物焼却量(年度)および医療廃棄物焼却量(暦年)をかけると、水銀排出量は次のとおり算出された。

⁹ 平成21年度PRTR届出外排出量推計業務報告書 第2分冊廃棄物処理施設に係る検討等、平成22年3月、(株)環境計画研究所

¹⁰ 非医療廃棄物も含む

表 4-2 : 総括排出係数を用いた産業廃棄物焼却からの水銀大気排出量

廃棄物種類		焼却量 (千 t/年)	※3 (年)	総括排出係数 (g-Hg/t)	備考	大気排出量 (t-Hg)
①	産業廃棄物 (医療廃棄物を含まない)	22,140	2009	0.019	※1	0.42
②	医療廃棄物	983	2010	0.31	※2	0.31
①+②	合計					0.73
③	産業廃棄物 (Total)	22,140	2009	0.048	※4	1.1

※1 : 全国稼働中の産業廃棄物焼却施設 1991 施設中、12 施設のデータを基に算出 (カバー率 0.6%)。ただし、医療廃棄物を焼却していない施設数は不明。

※2 : 全国稼働中の産業廃棄物焼却施設 1991 施設中、6 施設のデータを基に算出 (カバー率 0.3%)。ただし、医療廃棄物を焼却している施設数は不明。

※3 : 医療廃棄物非焼却施設における焼却量 = 産業廃棄物焼却量を用いており、医療廃棄物焼却量はこの内数であるが、全体の約 4%と少ないため加算している。

※4 : 全国稼働中の 1,991 施設中、18 施設のデータを基に算出 (医療廃棄物の焼却の有無を考慮しない推計)

(3) 水銀大気排出インベントリーの考え方

現時点では、(1) (2) いずれの方法もデータ数が少ないため、(2) の推計値を最小値、(1) の推計値の最大値をもとに産業廃棄物焼却施設からの排出量とする。

1. 4. 2 産業廃棄物焼却に係る水銀フロー (医療廃棄物焼却施設を含む)

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

表 4-3 : 産業廃棄物焼却施設からの大気排出量の推計値

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

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

大気排出量 (0.73~4.1 t/年) および、排出低減効率 (47.9%) を用いてマスバランスを取ると、大気へ排出されずにばいじん等として除去された水銀量は下表のとおり算出される。平成 25 年度

の産業廃棄物処理事業振興財団へのヒアリング調査結果を踏まえ、ばいじん及び燃えがらは全て最終処分場に埋め立てられると仮定して、産業廃棄物焼却施設からの水銀最終処分量とした。

表 4-4 : 産業廃棄物焼却施設水銀大気排出量及び水銀除去量

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

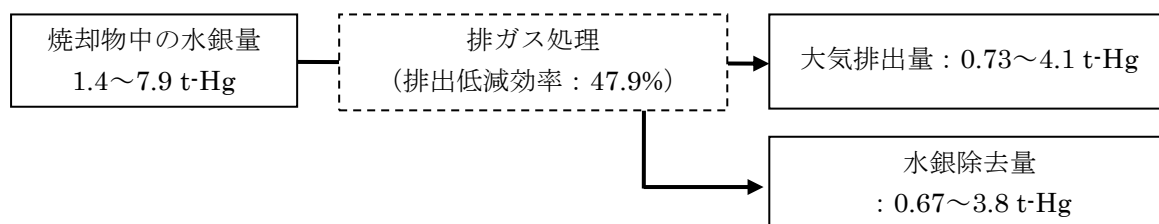


図 4-2 : 産業廃棄物焼却に係る水銀フロー

また、ばいじんの発生量については、環境省による平成 25 年度産業廃棄物処理状況調査結果で 145 万トンと把握されている。

1. 4. 3 産業廃棄物由来の溶融スラグの有効利用に伴う土壌への排出量

(1) 溶融スラグの国内生産量及び水銀含有量

全国産業廃棄物連合会実施の平成 20 年度調査¹¹において、溶融スラグの平成 18 年度生産量が把握されている。また、環境省実施の平成 23 年度調査¹²において、溶融スラグ中の水銀濃度¹³が計測されている。これらをまとめたものは以下のとおりである。

表 4-5 : 溶融スラグの国内生産量に含まれる水銀量

	溶融スラグ生産量	水銀濃度	生産量中の水銀量
産業廃棄物由来	270 千トン	0.01mg/kg-dry 未満	2.7 kg-Hg 未満

* 産業技術総合研究所による我が国の土壌中の水銀濃度データ¹⁴ (2007 年調査、測定地点 3,024 箇所)のうち、水銀濃度が 10ppm を超える 4 箇所を除いた 3,020 地点の平均水銀濃度は 0.1ppm である。溶融スラグの水銀濃度は <0.01ppm (mg/kg-dry) であり、土壌の水銀濃度を下回る数値である。

(2) 溶融スラグの有効利用率及び用途

溶融スラグの有効利用率は約 90%であり、コンクリート製品やアスファルト混合物の骨材等の

¹¹ 「産業廃棄物由来溶融スラグ JIS 化にかかる調査報告書 (平成 20 年度)」(平成 21 年 3 月)

¹² 「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)

¹³ JIS A 5032, JIS A 5031 では溶融スラグに係る含有量基準を「総水銀 15mg/kg 以下」と定めているが、生産工程において 1200℃以上という高温条件で加熱しているため、水銀はほとんど検出されない。

¹⁴ <http://riodb02.ibase.aist.go.jp/geochemmap/data/download.htm>

代替材として利用されている¹⁵。産業廃棄物由来の溶融スラグの再資源化量については、全国産業廃棄物連合会の調査により把握されている。有効利用される溶融スラグに含まれる水銀量は以下のとおりである。

表 4-6：溶融スラグの有効利用量に含まれる水銀量

	有効利用される溶融スラグ量 (千トン)	有効利用される溶融スラグに 含まれる水銀量
産業廃棄物由来	186	1.9 kg-Hg 未満

(3) 溶融スラグの有効利用に伴う土壌への水銀排出量

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

産業廃棄物焼却由来の溶融スラグの有効利用に伴う土壌への排出量：0.0019 t-Hg 未満

1. 4. 4 産業廃棄物焼却施設からの排出物の最終処分量

産業廃棄物焼却施設からの排出物の最終処分量は以下のとおりである。なお、大気排出されない水銀のほとんどは、ばいじんに移行すると仮定し、最終処分量に含まれる水銀量及び排出物の水銀濃度を推計した。

表 4-7：一般廃棄物焼却施設からの排出物の最終処分量

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
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
燃えがら	151 万トン	不明	微量	管理型処分場

1. 5 石炭火力発電所

1. 5. 1 石炭火力発電所からの水銀大気排出量

(1) 原燃料中の水銀濃度を用いた推計

国内で使用されている発電用炭中水銀濃度（86 炭種、181 データの算術平均値）および国内実測データに基づく排出割合（9 発電所 14 ユニットで測定された煙突出口への移行割合（%）、電力中央研究所報告）に 2010 年度の活動量をかけると、水銀排出量は次のとおり算出された。

¹⁵ 平成 18 年 7 月には道路用材・コンクリート用骨材としての溶融スラグの JIS が制定されている。

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

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

表5-1：原燃料中の水銀濃度を用いた石炭火力発電所からの水銀大気排出量推計

原料等種類	水銀濃度 (mg/kg)	石炭消費量 (千 t/年)※2	煙突出口への 移行割合 (%)	備考	水銀排出量 (t-Hg)
石炭	0.0454	67,271	27.1	※1	0.83

※1：電力中央研究所報告は10電力会社と電源開発が対象。

「10電力会社+卸電気事業者等」の38発電所中、9発電所で測定された値（カバー率～約24%）

※2：石炭消費量は「10電力会社+卸電気事業者等+特定電気事業者及び特定規模電気事業者」分の合計（資源エネルギー庁電力調査統計）

（2）総括排出係数を用いた推計

国内実測データに基づく総括排出係数（11発電所17ユニットで測定された総括排出係数 [μ g/kWh]、電力中央研究所報告）に2010年度の活動量をかけると、水銀排出量は次のとおり算出された。

表5-2：総括排出係数を用いた石炭火力発電所からの水銀大気排出量推計

施設の種類の	発電電力量※2 (kWh/年)	総括排出係数 (μ g/kWh)	備考	大気排出量 (t-Hg)
石炭火力発電所	2,323 億	4.43	※1	1.0

※1：電力中央研究所報告は10電力会社と電源開発が対象。38発電所中、11発電所で測定された値（カバー率29%）

※2：発電量は「年度別発電電力量（一般電気事業用[10電力計（受電を含む）]）推計実績（エネルギー白書2010）」

（3）水銀大気排出インベントリーの考え方

（1）（2）のいずれの方法を用いても、大気排出量はほぼ同じ結果となった。なお、（1）（2）の推計に用いた係数等は、同じ文献から引用しているが、同じデータを用いて算出した値ではない。

そのため、我が国のインベントリーでは両方の推計値を用いることとした。

1. 5. 2 石炭火力発電所で発生する排出物のフロー

平成25年度の電気事業連合会へのヒアリング調査結果（以下、平成25年度ヒアリング調査結果）によると、石炭火力発電所で発生する水銀を含む排出物の最終処分率、再資源化率、主な再資源化用途は表5-3のとおりである。

表5-3：石炭火力発電所で発生する排出物の最終処分率、再資源化率、主な再資源化用途

排出物	最終処分率	再資源化率	主な再資源化用途
石炭灰	4.6%	95.4%	セメント原料、肥料、土木材料（土壌改良材、海砂代替材）
脱硫石膏	0.1%	99.9%	石膏ボード原料、セメント原料
汚泥	80.7%	19.3%	セメント原料等

(1) 石炭火力発電所から発生する石炭灰のフロー

石炭灰の2010年度発生量は895万トン¹⁶である。また水銀濃度は、平成25年度ヒアリング調査結果より0.154ppmである(平均値)。表1-3より、石炭灰発生量の4.6%が最終処分され、95.4%が再資源化される。

表5-4：石炭灰の発生量、水銀濃度、最終処分量、再資源化量 *水銀濃度は集塵機灰の平均値

発生量	水銀濃度*	最終処分量	再資源化量
895万トン	0.154ppm	0.064 t-Hg	1.33 t-Hg

平成25年度ヒアリング調査結果によると、最終処分される石炭灰の大半は、各電力会社が保有する管理型産業廃棄物処分場(大半は海面埋立場、一部陸面埋立場あり)に処分される。

また、石炭灰の再資源化量の用途内訳は表5-5のとおりである。

表5-5：石炭火力発電所で発生する石炭灰の有効利用量の用途内訳¹⁷

分野	用途	利用量(千トン)	構成比(%)
セメント分野	セメント原材料	5,087	60.75
	セメント混合材	116	1.39
	コンクリート混和材	50	0.60
	小計	5,253	62.73
土木分野	地盤改良材	288	3.44
	土木工事用	455	5.43
	電力工事用	21	0.25
	道路路盤材	123	1.47
	アスファルト・フィラー材	6	0.07
	炭坑充填剤	372	4.44
	小計	1,265	15.11
建築分野	建材ボード	127	1.52
	人工軽量骨材	27	0.32
	コンクリート2次製品	28	0.33
	小計	182	2.17
農林・水産分野	肥料(含：融雪剤)	24	0.29
	漁礁	0	0.00
	土壌改良材	16	0.19
	小計	40	0.48
その他	下水汚水処理材	1	0.01
	製鉄用	1	0.01
	その他	1,632	19.49

¹⁶ 石炭エネルギーセンター「石炭灰全国実態調査報告書(平成23年度実績)」
<http://www.jcoal.or.jp/coalash/tech/coalash/>

¹⁷ 石炭エネルギーセンター「石炭灰全国実態調査報告書(平成23年度実績)」

分野	用途	利用量（千トン）	構成比（%）
	小計	1,634	19.51
	合計	8,374	100.00

①セメント製造への再資源化量

石炭火力発電所から発生する石炭灰のセメント製造への再資源化率は、表5-5のセメント原材料及びセメント混合材としての利用量の合計62.14%である。

$$\text{石炭灰のセメント製造への再資源化量中の水銀量} : 1.33 \text{ t-Hg} \times 62.14\% = 0.83 \text{ t-Hg}$$

②土壌接触型有効利用（土壌への排出）

表5-5に示される有効利用のうち、土木分野の用途（地盤改良材、土木工事用、電力工事用、道路路盤材、アスファルト・フィラー材、炭坑充填材）及び農林・水産分野の肥料用途・土壌改良材に有効利用される石炭灰に関しては、土壌への混合あるいは土壌に直接敷きつめる形で使用されるため、本推計において土壌への排出として扱うものとする。これらの用途に使用される石炭灰は有効利用量全体の15.59%を占める（表5-5網掛け部分の構成比の合計値）。

$$\text{土壌接触型の有効利用に伴う土壌への排出量} : 1.33 \text{ t-Hg} \times 15.59\% = 0.21 \text{ t-Hg}$$

③土壌非接触型有効利用（その他の有効利用）

表5-5に示される有効利用のうち、セメント製造、土壌接触型有効利用を除く用途に用いられる石炭灰は有効利用量全体の22.27%を占める。

$$\text{土壌非接触型の有効利用に伴う土壌への排出量} : 1.33 \text{ t-Hg} \times 22.27\% = 0.30 \text{ t-Hg}$$

（2）石炭火力発電所から発生する脱硫石膏のフロー

脱硫石膏の2010年度発生量は、電気事業連合会の2010年度発生量実績148.5万トンを石炭灰の発生量比率（全国：電事連＝895万トン：796万トン）を用いて拡大推計すると、167万トンである。また水銀濃度は、平成25年度ヒアリング調査結果より0.478ppmである。表5-3より、脱硫石膏発生量の0.1%が最終処分され、99.9%が再資源化される。

表5-6：脱硫石膏の発生量、水銀濃度、最終処分量、再資源化量

発生量	水銀濃度*	最終処分量	再資源化量
167万トン	0.478ppm	0.0008 t-Hg	0.80 t-Hg

*水銀濃度は脱硫石膏の平均値

（3）石炭火力発電所から発生する汚泥のフロー

汚泥の2010年度発生量は、電気事業連合会における2010年度発生量実績9.1万トンを、石炭灰発生量比率を用いて拡大推計すると10万トンである。また水銀濃度は、平成25年度ヒアリング調査結果より6.81ppmである（平均値）。表5-3より、汚泥発生量の80.7%が最終処分され、19.3%が再資源化される。

表5-7：汚泥の発生量、水銀含有量、最終処分量、再資源化量

発生量	水銀濃度*	最終処分量	再資源化量
10万トン	6.81ppm	0.55 t-Hg	0.13 t-Hg

*水銀濃度は汚泥の平均値

5.3 石炭火力発電所からの排出物の最終処分量

石炭火力発電所から最終処分される排出物は以下のとおりである。

表5-8：石炭火力発電所から最終処分される排出物

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
石炭灰	41万トン	0.154 ppm	0.064 t-Hg	管理型処分場
脱硫石膏	0.2万トン	0.478 ppm	0.0008 t-Hg	管理型処分場
汚泥（一部、特管産廃）	8.2万トン	6.81 ppm	0.55 t-Hg	管理型処分場（一部、遮断型処分場に処分）*

*最終処分される汚泥の一部は、特別管理産業廃棄物として固型化处理の上、遮断型処分場（社外の産業廃棄物処理業者の処分場）に処分される。

1.6 下水汚泥焼却施設

1.6.1 下水汚泥焼却施設からの水銀大気排出量

2005年インベントリー推計時に用いた原料中水銀濃度および排出低減効率に、2009年度の活動量をかけると、水銀大気排出量は次のとおり算出された。

表6-1：排出低減効率を用いた下水汚泥焼却からの水銀大気排出量推計

原料等種類	水銀濃度 (mg/kg-dry)	備考	焼却量※2 (千 t-dry/年)	排出低減効率 ※3	大気排出量 (t-Hg)
下水汚泥	0.31~1.6	※1	1025	0.479	0.17~0.85

※1：下水汚泥中の水銀濃度については、下記の国内データを入手した。2005年のインベントリー推計時には、「*」印のデータから、下水汚泥中水銀濃度を「0.31~1.6 mg/kg-dry」と設定した。新たに入手した文献調査結果（3, 4）では、平均値等がこの濃度範囲内であったことから、今回の推計においても2005年インベントリー推計時に用いた下水汚泥中濃度を引き続き使用した。

国内データ	下水汚泥中水銀濃度	備考
文献調査結果1	0.64 mg/kg-dry 0.31 mg/kg-dry	2008年の調査結果（「排ガス処理装置前の排ガス中 Hg 濃度×排ガス量÷下水汚泥焼却量」により推計）*
文献調査結果2	平均値：1.60 mg/kg-dry (0.11~4.99 mg/kg-dry)	1972年~2003年の10文献の調査結果*
文献調査結果3	平均値：1.1 mg/kg-dry (0.2~8.0 mg/kg-dry)	2003年の全国22か所の測定結果
文献調査結果4	1.3 mg/kg-dry	2008年の調査結果

：2005年インベントリー推計時に参照したデータには「」印を付けた。

※2：「湿重量ベース焼却量（国交省調査）×（1-0.78）」で算出した。0.78は、「汚泥焼却設備に投入された脱水汚泥の平均含水率（出典：下水道統計）」の算術平均値（78%）を用いた。H19~H21年の下水道統計を参照したが、いずれも算術平均値は同程度だった。

※3：産業廃棄物焼却施設の排出低減効率

1. 6. 2 下水汚泥焼却施設から発生する排出物のフロー

(1) 下水汚泥焼却施設から発生する飛灰に含まれる水銀量

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

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

表 6-2：下水汚泥焼却施設からの大気排出量に用いる係数及び推計結果¹⁸

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

(注) 排出低減効率は、産業廃棄物焼却施設の数値を代用している。

(2) 下水汚泥焼却施設から発生する飛灰の移動に係る水銀フロー

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

表 6-3：下水汚泥焼却施設における水銀大気排出量及び水銀除去量

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

下水汚泥焼却には流動床炉が使われることが多く、基本的に主灰は発生しないことから、大気に放出されずに除去された水銀を含む飛灰の量はほぼ焼却灰の量と等しいと考えられる。そこで、焼却灰の処分・利用量 (全国集計：2010 年度実績¹⁹) を踏まえて、水銀除去量を処分・利用用途別に按分する。

表 6-4：焼却灰の最終安定化先ごとの処分・利用量と水銀除去量

最終安定化先		焼却灰 処分・利用量 DS-t/年	割合	水銀量 (t/年)	マテリアルフローへの 反映方法
埋立処分	陸上埋立	143,607	9.4%	0.015~0.073	最終処分 (埋立)

¹⁸ 環境省請負業務「平成 23 年度水銀大気排出インベントリー調査業務」報告書 (平成 24 年 3 月株式会社エックス都市研究所)

¹⁹ 焼却灰処分・利用量の出典：国土交通省提供データ「処分・利用量全国集計 (発生固形物量ベース・平成 22 年度実績)」

最終安定化先		焼却灰 処分・利用量 DS- t /年	割合	水銀量 (t/年)	マテリアルフローへ の反映方法
	海面埋立	303,973	19.9%	0.032~0.155	最終処分 (埋立)
緑農地利用		18,446	1.2%	0.002~0.009	土壌への排出
建設資材 利用	セメント化	757,845	49.6%	0.079~0.386	セメント製造施設
	セメント化以外	282,873	18.5%	0.030~0.144	建設資材利用等
固形燃料		0	0.0%	0	—
その他有効利用		19,748	1.3%	0.002~0.010	建設資材利用等
場内ストック		149	0.00009%	≒0	建設資材利用等
その他		1,143	0.0007%	≒0	建設資材利用等
合計		1,527,784	100%	0.16~0.78	—

(1) ~ (2) より、下水汚泥中に含まれる水銀のフローは下図のとおりである。

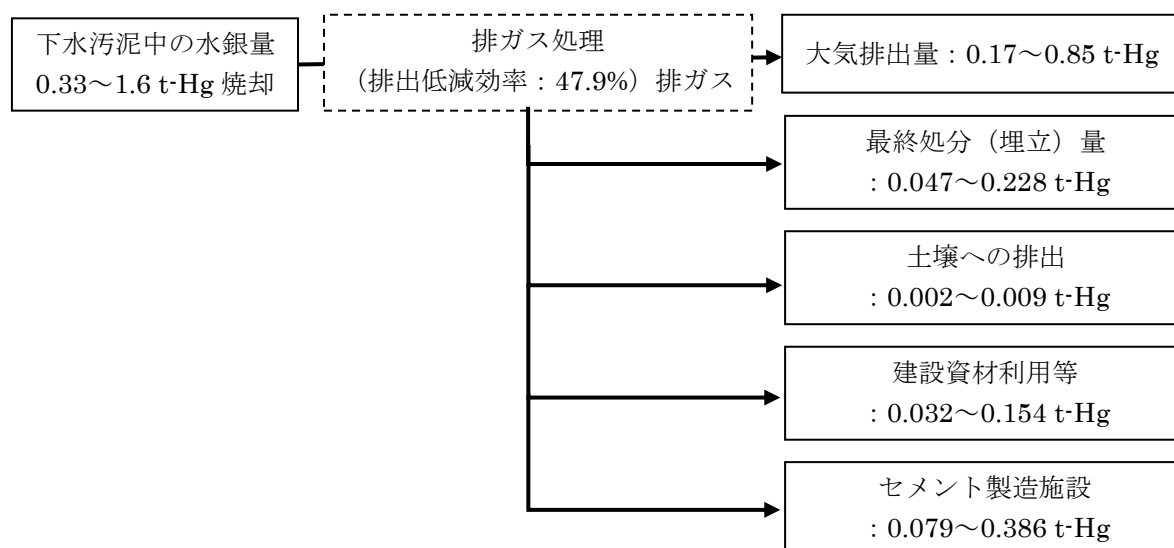


図6-2：下水汚泥焼却に係る水銀フロー

1. 6. 3 下水汚泥の緑農地利用に伴う土壌への排出量

下水汚泥の一部がコンポスト等として緑農地利用されていることから、表6-5に挙げた副産物に含まれる水銀量を、土壌への排出量として計上することとした。

表6-5：緑農地利用される副産物の内訳及び水銀濃度

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

項目	緑農地利用量		水銀濃度		水銀量 (t-Hg)
	乾燥重量 (t/年) 注1	(年)	(mg/kg-dry)	注2	
その他	1,195	2009	0.4	*3	0.0005
合計	315,009	2009	—	—	0.12

(注1) 緑農地利用量の出典：国土交通省による調査結果（2009年度実績）

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

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

*3…下水汚泥肥料の水銀含有量加重平均値

(注3) 下水汚泥焼却施設の焼却灰については、6.2で整理した。

1.6.4 下水汚泥焼却施設からの排出物の最終処分量

下水汚泥焼却施設からの排出物の最終処分量は以下のとおりである。

表6-6：下水汚泥焼却施設からの排出物の最終処分量

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
飛灰	45万トン	0.11～0.51 ppm	0.05～0.23 t-Hg	管理型処分場

1.7 二次製鉄プラント

1.7.1 二次製鉄プラントからの水銀大気排出量

日本鉄鋼連盟による自主調査により得られた総括排出係数に2010年度の活動量を乗じることによって水銀の大気排出量を推計した。

表7-1：総括排出係数を用いた二次製鉄プラントからの水銀大気排出量推計

施設の種類	電炉鋼生産量 (千t/年)	総括排出係数 (g-Hg/t-steel)	備考	大気排出量 (t-Hg)
二次製鉄プラント	24,496	0.0253	※1	0.62

※1：普通鋼電炉及び特殊鋼電炉より30施設（測定サンプル数32）が調査対象（稼働中の全電炉の1/3をカバーしている）。国内における電炉は規模等に大きな違いがないことから、施設の選定において偏りは少ないと考えられる。

1.7.2 二次製鉄プラントからの排出物の最終処分量

日本鉄鋼連盟への平成25年度ヒアリング調査結果において排出物の年間処分量、水銀含有濃度、中間処理方法、処分先が把握されている。最終処分される排出物に含まれる水銀量（2010年度）の推計結果は以下のとおりである。

なお、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。

表 7-2 : 二次製鉄プラントから最終処分される水銀含有排出物に含まれる水銀量

水銀含有排出物	年間処分量 (2010 年度)	水銀含有濃度	年間処分量に含まれる水銀量	処理方法・ 処分先
集塵機からのダスト	4,4 千トン	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 (※)

※ 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。

1. 8 一次製鉄プラント

1. 8. 1 一次製鉄プラントからの水銀大気排出量

国内で調査されたコークス炉、焼結炉および高炉の排ガス・副生ガス中水銀濃度の調査結果を踏まえて、2010 年度の活動量をかけると、大気への水銀排出量は次のとおり算出された。

表 8-1 : 総括排出係数を用いた一次製鉄プラントからの水銀大気排出量推計

施設の種類	製品生産量 (千 t/年)	総括排出係数 (mg-Hg/t)	備考	大気排出量 (t-Hg)
コークス炉	29,230	0.89	※1	0.026
焼結炉	109,000	36	※2	3.9
高炉	86,297	1.6	※3	0.14
計				4.1

※1 : 全国の 50 炉中²⁰、3 炉のデータの算術平均値 (カバー率 6%)。

※2 : 原単位および排ガスへの分配割合は、全国の 25 炉中²¹、6 炉のデータの算術平均値 (カバー率 24%)。

※3 : 原単位および副生ガスへの分配割合は、全国の稼働中の 28 炉中²²、3 炉のデータの算術平均値 (カバー率 11%)。

1. 8. 2 一次製鉄プラントからの排出物の最終処分量

日本鉄鋼連盟への平成 25 年度ヒアリング調査結果において、排出物の年間処分量、水銀含有濃度、処分先が把握されている。2010 年度に最終処分された排出物は以下のとおりである。

なお、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)。

²⁰ 鉄鋼年鑑 (平成 20 年度版)

²¹ 日本鉄鋼連盟へのヒアリング調査 2013 年 2 月

²² 転換する鉄鋼業 (改定 10 版)、2010 年 11 月

表 8-2：一次製鉄プラントから最終処分される水銀含有排出物に含まれる水銀量

水銀含有排出物	年間処分量 (2010 年度)	水銀含有濃度	年間処分量に含 まれる水銀量	処分先
湿式集塵からの湿ダスト(※)	4,300 トン	716 ppb	0.003 t-Hg	管理型処分場
脱硫工程からの脱硫汚泥	4,400 トン	8,340 ppb	0.037 t-Hg	管理型処分場

※ 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。

1. 9 産業用石炭焼きボイラ

1. 9. 1 産業用石炭焼きボイラからの水銀大気排出量

日本産業機械工業会および日本ボイラ協会へのヒアリング（2011 年 12 月）によれば、我が国における石炭焼きボイラの使用状況は次のとおりである。

1. ・小型ボイラについては、近年、コストと環境対策の観点から天然ガスに切り替わりつつあり、石炭焼きボイラを使用しているのは主に大規模製造業（製紙業・繊維業・鉄鋼業など）である。
2. ・これらの業種では IPP（卸電力事業）にも取り組んでいる。日本では、発電設備のついていない石炭ボイラはほとんどないと考えられる。
3. ・IPP のように大型の装置には、電気集塵機＋湿式排煙脱硫装置がついており、火力発電とほぼ同等の排ガス処理がなされている。

以上より、産業用ボイラは、発電のみならず熱供給も目的とされているが、石炭焼きボイラは火力発電と同程度の排出除去効率が達成できていると推定される。

● 原燃料中の水銀濃度を用いた推計

国内で使用されている発電用炭中水銀濃度（86 炭種、181 データの算術平均値）および国内実測データに基づく排出割合（9 発電所 14 ユニットで測定された煙突出口への移行割合（%）、電力中央研究所報告）に、2010 年度の活動量をかけると、水銀排出量は次のとおり算出された。

表 9-1：原燃料中の水銀濃度を用いた産業用石炭焼きボイラからの水銀大気排出量推計

原料等種類	水銀濃度 (mg/kg)	石炭消費量 (千 t/年)※2	煙突出口への移 行割合 (%)	備考	水銀排出量 (t-Hg)
石炭	0.0454	17,077	27.1	※1	0.21

※1：国内 9 発電所 14 ユニットで測定された値（産業用ボイラの実測値ではないためカバー率 0%）

※2：「自家用発電用・産業用蒸気用・地域熱供給用」の石炭エネルギー転換量

1. 9. 2 産業用石炭焼きボイラ由来の石炭灰の最終処分（埋立）量

(1) 石炭灰・汚泥に含まれる水銀量

平成 24 年度「水銀大気排出インベントリー調査」では、産業用石炭焼きボイラの水銀大気排出量および排出低減効率は、5. 石炭火力発電所の推計で用いた係数を用いて下表のとおり試算されている。石炭中の水銀のうち大気へ排出されなかった量については、石炭灰・汚泥等に含まれ

て除去されたと考えられる。

電気事業連合会のデータ²³によると、石炭燃焼によって発生する石炭灰量と汚泥・脱硫石膏量の比率は4：1である。また、石炭灰中と汚泥・脱硫石膏中の水銀濃度の比率は、石炭火力発電所で発生する石炭灰及び汚泥・脱硫石膏発生量のデータを用いると3：5である。

表9-2：石炭灰と汚泥・脱硫石膏の発生量・水銀濃度・水銀含有量の比率

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

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

表9-3：産業用石炭焚きボイラの水銀大気排出量及び水銀除去量²⁴

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

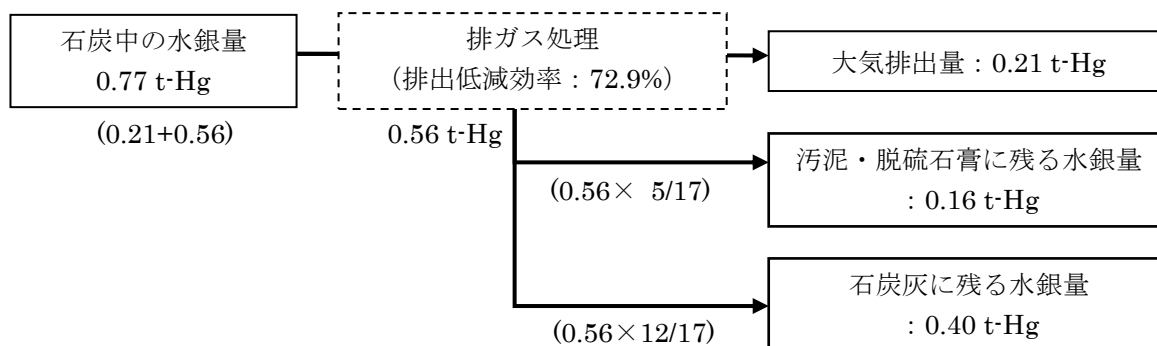


図9-1：産業用石炭焚きボイラに係る水銀フロー

(2) 石炭焚きボイラから最終処分される水銀量

石炭焚きボイラで発生する石炭灰中に含まれる水銀量は(1)より、0.40t-Hgであり、このうち、平成21年度の有効利用率は99.5%で、残り0.5%が埋立処分される。

最終処分される石炭灰に含まれる水銀量：0.40t-Hg×0.5%=0.0020t-Hg

²³ 電気事業連合会：第47回中央環境審議会循環型社会計画部会資料1-2（平成20年10月29日）

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

1. 9. 3 石炭焼きボイラで発生する石炭灰の有効利用量

(1) 石炭灰の有効利用量と内訳

石炭焼きボイラから発生する石炭灰（「石炭灰全国実態調査報告書」における一般産業から発生する石炭灰）については、99.5%が有効利用されており、その用途内訳は表9-4のとおりである。

表9-4：石炭焼きボイラで発生する石炭灰の有効利用量の用途内訳

分野	用途	利用量（千トン）	構成比（%）
セメント分野	セメント原材料	2,135	75.13
	セメント混合材	132	4.63
	コンクリート混和材	0	0.00
	小計	2,267	79.76
土木分野	地盤改良材	114	4.03
	土木工事用	76	2.68
	電力工事用	0	0.00
	道路路盤材	97	3.42
	アスファルト・フィラー材	0	0.00
	炭坑充填剤	0	0.00
	小計	288	10.13
建築分野	建材ボード	163	5.73
	人工軽量骨材	0	0.00
	コンクリート2次製品	0	0.00
	小計	163	5.73
農林・水産分野	肥料（含：融雪剤）	5	0.19
	漁礁	0	0.00
	土壌改良材	63	2.20
	小計	68	2.39
その他	下水汚水処理材	0	0.01
	製鉄用	5	0.16
	その他	51	1.81
	小計	56	1.98
合計		2,842	100.00

(2) セメント製造への利用

石炭焼きボイラから発生する石炭灰のセメント製造への利用量は、セメント原材料及びセメント混合材としての利用量の2,267千トン（有効利用量の79.76%）であり、ここに含まれる水銀は以下のようにとなる。

$$\text{セメント製造に利用される石炭灰中の水銀量} : 0.40\text{t-Hg} \times 99.5\% \times 79.67\% = 0.32\text{t-Hg}$$

(3) 土壌接触型有効利用（土壌への排出）

表9-4に示される有効利用のうち、土木分野の用途（地盤改良材、土木工事用、電力工事用、道路路盤材、アスファルト・フィラー材、炭坑充填材）及び農林・水産分野の肥料用途・土壌改良材に有効利用される石炭灰に関しては、土壌への混合あるいは土壌に直接敷きつめる形で使用されるため、本推計において土壌への排出として扱うものとする。これらの用途に使用される石炭灰は356千トンで、石炭灰の有効利用量全体の12.52%を占める（表9-4網掛け部分の構成比の合計値）。

$$\text{土壌接触型の有効利用に伴う土壌への排出量} : 0.40 \text{ t-Hg} \times 99.5\% \times 12.52\% = 0.050 \text{ t-Hg}$$

(4) 土壌非接触型有効利用（その他の有効利用）

表9-4に示され有効利用のうち、セメント製造、土壌接触型有効利用を除く用途に用いられる石炭灰は219千トンで、石炭の有効利用量全体の7.81%を占める。

$$\text{土壌非接触型の有効利用に伴う土壌への排出量} : 0.40 \text{ t-Hg} \times 99.5\% \times 7.81\% = 0.031 \text{ t-Hg}$$

1.9.4 産業用石炭焼きボイラからの排出物の最終処分量

産業用石炭焼きボイラから最終処分される排出物は以下のとおりである。

表9-4：産業用石炭焼きボイラから最終処分される排出物

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
石炭灰	1.4万トン	0.154 ppm	0.0020 t-Hg	管理型処分場

1.10 火葬場

1.10.1 火葬場からの水銀大気排出量

国内において2010年度に火葬された総件数に、火葬場での実測により算定した総括排出係数を乗じることで推計を行った。なお、当該総括排出係数はバグフィルタが設置された火葬場における実測を基に算出されている。

表10-1：火葬場からの水銀大気排出量推計

施設の種類	活動量 (千件/yr)	総括排出係数 (g-Hg/件)	水銀大気排出量 (t/yr)
火葬場	1,246	0.0518	0.065

1.10.2 火葬場からの排出物の最終処分量

2009年に実施された国内の火葬場に関する調査（平成20年度に火葬実績のある1,447施設の火葬場に対するアンケート調査）に基づき、残骨灰及び集塵灰の発生量は以下のように報告され

ている²⁵。また、一部の施設における灰の水銀含有量の測定結果を踏まえると、火葬場から排出される灰に含まれる水銀量は表10-2のとおり推計された。

表10-2：火葬場からの排出物の最終処分量

排出物	年間処分量	水銀濃度 (19号含有量試験結果)	年間処分量に含まれる水銀量	処分先
集塵灰	115,608 kg	1.68 ppm*	0.00019 t-Hg 未満	管理型処分場
残骨灰	1,637,399 kg	0.05 ppm 未満**	0.000082 t-Hg 未満	管理型処分場

* 7施設の測定結果の平均値 (0.05ppm 未満 (4施設)、0.57ppm、1.3ppm、9.7ppm (各1施設))

** 6施設の測定結果

1. 1.1 セメント製造施設

1. 1.1. 1 セメント製造施設からの水銀大気排出量

(1) 平成24年度の推計結果

平成24年度推計では、セメント協会が平成19年度に行った排ガス測定結果を用いて算出した総括排出係数に2010年(暦年)のクリンカ生産量を乗じて、下記のとおり推計されている。

表11-1：平成24年度推計結果(セメント製造施設からの水銀大気排出量)

施設の種類	2010CY クリンカ生産量 (千t/yr)	総括排出係数 (mg-Hg/t)	水銀大気排出量 (t/yr)
セメント製造施設	47,800	144	6.9

*2007年当時の全国57施設中、55施設のデータを基に算出(データカバー率96%)

(2) セメント協会の平成24年度調査結果

セメント協会にて平成24年度に実施した水銀の大気排出に係る調査結果により、総括排出係数は表11-2のように更新された。またクリンカ生産量を2010CYから2010FYデータとして、2010年度の水銀大気排出量は以下のとおり更新された。

表11-2：平成25年度推計結果(セメント製造施設からの水銀大気排出量)

施設の種類	2010FYクリンカ生産量 (千t/yr)	総括排出係数 (mg-Hg/t)	水銀大気排出量 (t/yr)
セメント製造施設	47,279	112	5.3

平成25年度の更新結果は以下のとおり。

更新項目	平成24年度推計結果	平成25年度推計結果
セメント製造施設	6.9 t/yr	5.3 t/yr

²⁵ 武田信生、「火葬場における有害化学物質の排出実態調査および抑制対策に関する研究 平成20年度～21年度総合研究報告書」(厚生労働省科学研究費補助金 健康安全・危機管理対策総合研究事業)、平成22(2010)年3月

1. 1. 1. 2 原燃料の工業利用で発生する石炭灰のセメント製造再利用量

石炭火力発電所及び産業用石炭焚きボイラから発生する石炭灰のセメント製造再利用量に含まれる水銀量は以下のとおりである。

表 1 1 - 3 : 原燃料の工業利用で発生する石炭灰のセメント製造再利用量

排出源	推計箇所	石炭灰再利用量	再利用量中水銀量
石炭火力発電所	1. 2 (1) ①	5,203 千トン	0.83 t-Hg
産業用石炭焚きボイラ	2. 3 (2)	2,267 千トン	0.32 t-Hg
合計		7,470 千トン	1.15 t-Hg

1. 1. 1. 3 脱硫石膏のセメント製造再利用量

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

また、石炭火力発電所で発生する脱硫石膏のうち再資源化される量は 166.8 万トン、水銀含有量は 0.80 t-Hg と推計されているが、セメント製造に再利用される量の内訳は把握されていないため、この数値を最大値として取り扱うこととする。

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

1. 1. 2 石灰製品製造施設

1. 1. 2. 1 石灰製品製造施設からの水銀大気排出量

(1) 平成 24 年度の推計結果

石灰製品製造からの水銀大気排出量は、平成 24 年度調査で下記のとおり推計されている。

表 1 2 - 1 : 平成 24 年度推計結果 (石灰製品製造からの水銀大気排出量)

施設の種類の種類	2010 年度 石灰石出荷量 (千 t/yr)	排出係数 (g-Hg/t)	排出低減効率	水銀大気排出量 (t/yr)
石灰製品製造施設	10,264	0.127	20.4%	1.0

(推計方法詳細)

石灰用石灰石出荷量に排出係数 (製品生産量当たりの石灰石出荷量に水銀濃度を乗じて算出) 及び排出低減効率を乗じることで、水銀大気排出量を推計した²⁶。なお、石灰製品は石灰石を 1,000℃程度で焼成することで生産されるため、石灰石中の水銀は全て排ガス中へ移行すると仮定した。また施設には電気集塵機が導入されていると仮定し、排出低減効率を設定した。

²⁶ 貴田ら「循環廃棄過程を含めた水銀の排出インベントリと排出削減に関する研究」に基づき、2005 年インベントリ推計時と同様の方法である。

(2) 石灰石の水銀濃度について

平成 24 年度推計では、石灰石の水銀濃度として、1990 年の国内文献値²⁷に記載のあるドロマイト（苦灰石）の値が使用されている。

試料	ドロマイト。栃木県安蘇郡葛生町、吉澤石灰工業株式会社、三峯地区名木久保鉱床、中部ドロマイト層（厚さ約 120m のほぼ中心の層準）より採取。
水銀濃度	0.048 ppm
測定方法	中性子放射化分析法（INAA）

平成 25 年度調査では日本石灰協会の会員 1 社に対してヒアリング調査を実施した。ヒアリング先より提供された石灰石の総水銀含有量測定試験結果は以下のとおりである。

表 1 2 - 2 : 石灰石の総水銀含有量 測定試験結果

分析年	総水銀含有量試験結果 (検出下限値の 5 倍の安全率 を踏まえた値)	検出下限値	試験方法
2007 年、2010 年	0.5 ppm 未満	0.1 ppm 未満	還元気化原子吸光法
2011 年、2012 年、2013 年	0.05 ppm 未満	0.01 ppm 未満	

また、ヒアリング先より以下のコメントがあった。

- 上記測定試験結果には検出下限値の 5 倍の安全率がかかっており、実際の分析結果は検出下限値以下である旨、測定委託先より説明があった。
- 平成 24 年度推計で採用されている石灰石の水銀濃度 0.048 ppm は、当社分析実績に比べると高めの印象である。石灰石の産出場所によっても含有量は異なると思われるため、国内の石灰石に含まれる水銀量を推計するには、分析実績が少ないのではないかと。以上を踏まえ、石灰石の水銀濃度としては「0.01 ppm 未満」を採用する。

(3) 石灰製品製造からの水銀大気排出量 推計結果

(2) より、石灰石の水銀濃度を「0.01ppm 未満」とした場合、排出係数は 0.0265 (g-Hg/t) 未満となる。新しい排出係数を用いた推計結果は以下のとおりである。

表 1 2 - 3 : 平成 25 年度推計結果（石灰製品製造からの水銀大気排出量）

施設の種類	2010 年度 石灰石出荷量 (千 t/yr)	排出係数 (g-Hg/t)	排出低減効率	水銀大気排出量 (t/yr)
石灰製品製造施設	10,264	0.0265 未満	20.4%	0.22 未満

²⁷ 工業技術院地質調査所（現地質調査総合センター）による「地質調査報告書」41 巻（1990 年発行）
<https://www.gsi.jp/publications/pub/bull-gsi/index.html>

以上より、平成 25 年度の更新結果は以下のとおり。

更新項目	平成 24 年度推計結果	平成 25 年度推計結果
石灰製品製造	1.0 t	0.22 t 未満

12.2 石灰製品製造施設で発生するばいじんについて

石灰製品製造施設で発生するばいじんの処分先については、平成 25 年度調査では情報が得られなかった。

2. 他国における廃金属水銀の運搬、保管、処分方法

2.1 廃金属水銀の運搬方法

項目	国連 危険物輸送に関する勧告（第18版） [危険物全般に関する基準]	パースル条約水銀廃棄物の環境上適正な管理に関するガイドライン	毒物及び劇物取締法 [毒物（金属水銀）の運搬に関する技術上の基準]	危険物船舶運送及び貯蔵規則 [危険物全般に関する基準]	EU 廃棄物枠組み指令（2008/98/EC） [有害廃棄物に係る事項]	米国金属水銀の長期保管に関する暫定ガイドライン	
容器または被包の使用	<ul style="list-style-type: none"> ・良質の、十分な強度を持つ小型容器に収納 ・頑丈な材質の包装材 ・密閉 ・パッケージ外側に水銀残渣付着させない 	<ul style="list-style-type: none"> ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・容器又は被包に収納 ・容器又は被包を密閉 ・1000kg/回以上運搬する場合は、容器・被包の外部に、毒物の名称や成分を表示 		<ul style="list-style-type: none"> ・効力のある国際標準・地区水準に従って有害廃棄物を梱包し、ラベル付け 	<ul style="list-style-type: none"> ・パッケージ規定を満足すること ・パッケージにガスを混合しない、有害物質を外側に付着させない、有害物質と一緒に包装しない ・外側に水銀残渣を付着させない ・開口部は密閉 	
容器	一般規定	<ul style="list-style-type: none"> ・パッケージの水銀と直接接触する部分は、「水銀による強度低下、水銀との反応、水銀の透過」がないように必要な場合は内面塗装・処理 ・包装要件（別紙；4.2の別表2）に従う 	<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 ・劣化または内容物による化学変化により運搬の安全性を損なわないもの ・ガラス製内装容器は緩衝材により保護 	<ul style="list-style-type: none"> ・漏えい・損傷のおそれなく、収納物に対して安全なもの ・密閉できるもの 		<ul style="list-style-type: none"> ・包装要件の規定に加え、以下の条件を満足することが必要 	
	材質	<ul style="list-style-type: none"> ・包装要件(別紙 4.2 の別表 2)に従う 	<ul style="list-style-type: none"> ・包装要件（別紙 2.2 の別表）に従う 	<ul style="list-style-type: none"> ・包装要件（別紙 3. の別表 2）に従う 		<ul style="list-style-type: none"> ・包装内側は、鉄又はスチールの水銀フラスコ瓶 ・水銀の外への排出を完全に防止できる ・温度・湿度・圧力・振動の影響を受けない 	
	形状	<ul style="list-style-type: none"> ・通気孔の設置（ガス排出が安全な場合） 		<ul style="list-style-type: none"> ・包装要件（別紙 2.2 の別表）に従う 	<ul style="list-style-type: none"> ・包装要件（別紙 3. の別表 2）に従う 		<ul style="list-style-type: none"> ・最大積載量は 35kg
	収納方法	<ul style="list-style-type: none"> ・液体温度 55℃で空隙を残して充填 ・閉鎖具は上方へ向けてパッケージで包装 ・反応燃焼物等との混合収納は禁止 ・内部圧力への耐性のあるパッケージに充填 	<ul style="list-style-type: none"> ・格納トレイか漏えい防止場所に保管 ・格納容量は、廃棄物の容積の125%以上 ・ふたのある容器に保管 	<ul style="list-style-type: none"> ・密閉して収納 ・収納率 98%以下、55℃で空隙を残す ・外装容器は他の物との混合収納を禁止 	<ul style="list-style-type: none"> ・摂氏 55℃で容器内に空間を残す 		<ul style="list-style-type: none"> ・摂氏 55℃で容器内に空間を残す
	性能試験	<ul style="list-style-type: none"> ・性能試験（落下、気密、水圧、積み重ね）に合格したものであること ・収納前に検査を行う 		<ul style="list-style-type: none"> ・性能試験（落下、気密、水圧、積み重ね）に適合したものであること 	<ul style="list-style-type: none"> ・性能試験（落下、気密、圧力、積み重ね）に適合したものであること 		<ul style="list-style-type: none"> ・定期的に試験を実施する（落下、漏れ防止、静水圧、振動、stacking test）
	容器への表示	<ul style="list-style-type: none"> ・危険物のそれ自体または輸送物に標札 ・標札の免除規定有り ・輸送品名や国連番号の表示 等 	<ul style="list-style-type: none"> ・”有害”とラベル付け ・水銀を含んでいることが分かるような適切なラベル付け ・ラベルは、当該国の法規制に準拠 	<ul style="list-style-type: none"> ・1回千kg 運搬時は容器又は被包の外側に名称を表示 ・容器が試験に合格していることの表示 	<ul style="list-style-type: none"> ・危険物等級の標識を掲示 ・品名及び国連番号を表示 	<ul style="list-style-type: none"> ・効力のある国際標準・地区水準に従って、有害廃棄物を梱包し、ラベル付け 	<ul style="list-style-type: none"> ・ラベル規定の要件を満足すること
運搬	一般規定		<ul style="list-style-type: none"> ・動揺・摩擦の防止 ・1回5t以上運搬時は保護具準備 			<ul style="list-style-type: none"> ・運搬車の主な義務 …EPA 識別番号取得 …マニフェスト制度準拠、記録保持 	

項目	国連 危険物輸送に関する勧告（第18版） [危険物全般に関する基準]	ハーゼル条約水銀廃棄物の環境上適正な管理に関するガイドライン	毒物及び劇物取締法 [毒物（金属水銀）の運搬に関する技術上の基準]	危険物船舶運送及び貯蔵規則 [危険物全般に関する基準]	EU 廃棄物枠組み指令（2008/98/EC） [有害廃棄物に係る事項]	米国金属水銀の長期保管に関する暫定ガイドライン
						…DOT 規定の遵守
	車両積載の様態		<ul style="list-style-type: none"> 飛散・漏れ等のおそれのないもの 落下・転倒・破損の防止 積載装置の長さ・幅を超えない 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"> 乾燥した場所に積載 食料品から 3m 以上離して積載 積載方法・隔離要件（別紙 3. の別表 1）に従う 	<ul style="list-style-type: none"> 他の物と混合防止 	
	車両への表示	<ul style="list-style-type: none"> 外表面に危険物の警告を表示 	<ul style="list-style-type: none"> 1 回 5t 以上運搬時は車両に標識を掲示 			
情報管理	荷運人の通知義務	<ul style="list-style-type: none"> 輸送貨物に接触するおそれのある全ての者に危険性に関する情報を伝達 危険物に関する情報等を運送人に提供 運送に関する書類には、UN 番号、危険物の量等を含む 	<ul style="list-style-type: none"> 運搬委託時は、運送人に毒物名称・数量・事故時の措置等を書面で交付 	<ul style="list-style-type: none"> 危険物明細書を船舶所有者等に提出 	<ul style="list-style-type: none"> 製造現場から最終目的地へのトレーサビリティの確保 加盟国内の運搬時にはいつでも EC 規則で規定される識別書類を伴う 	<ul style="list-style-type: none"> USEPA から ID No. を取得している運搬業者が運搬する マニフェスト制度や記録保持の遵守 有害廃棄物が排出された際に適切に対応
必要な措置	環境保全措置	<ul style="list-style-type: none"> 揮発および環境の漏えいに特に注意 環境への排出防止のため、他の廃棄物と混合しない 環境に適した方法で管理し、最終目的地まで追跡できるようにする 			<ul style="list-style-type: none"> 廃棄物運搬施設は当局が定期点検 環境と人健康の保護が確保された条件で行われていることを担保 	<ul style="list-style-type: none"> 有害物質の環境への明らかな排出をしてはならない 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
	事故時の措置	<ul style="list-style-type: none"> 緊急時に対応する適切な情報は、いかなる時も直ちに利用できなければならない 	<ul style="list-style-type: none"> 緊急時対策を事前に作成 緊急発生時は、第一にサイトの確認を行い、危険性の特定等を行う。 金属水銀漏えい量が 30ml 以上など、漏えいが大きいと判断される場合は専門家を呼ぶ 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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 盗難・紛失時は、直ちに届出 		

2. 2 廃金属水銀の保管方法

項目		バーゼル条約水銀廃棄物の環境上適正な管理に関するガイドライン	毒物及び劇物取締法 [毒物（金属水銀）の保管に関する技術上の基準]	水質汚濁防止法 [有害物質（液体）貯蔵指定施設に係る構造基準]	危険物船舶運送及び貯蔵規則 [危険物全般に関する基準]	EU 埋立指令改正 (2011/97/EU) [金属水銀の一時保管に係る基準の追加]	米国金属水銀の長期保管に関する暫定ガイドライン
容器	一般規定	<ul style="list-style-type: none"> 金属水銀廃棄物専用に設計されたもの 容器に以前保管されていたものが水銀と非反応・損傷無し・腐食無し・保護皮膜有りの容器 	<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 		<ul style="list-style-type: none"> 漏えい・損傷のおそれなく、収納物に対して安全なもの 密閉できるもの 	<ul style="list-style-type: none"> 他の廃棄物と分別保管 保管容器は、亀裂や隙間がなく金属水銀に対して不浸透性を有するようにコーティングされ、保管量に適した受け皿に保管する 	<ul style="list-style-type: none"> RCRA および DOE の様々な規定が存在する
	材質	<ul style="list-style-type: none"> 炭素鋼又はステンレス鋼 水銀純度要件を満たし、水が入らない限り、内側の保護皮膜は不要 炭素鋼容器外側にコーティング 			<ul style="list-style-type: none"> 包装要件（別紙 3. の別表 2）に従う 	<ul style="list-style-type: none"> 炭素鋼又はステンレス鋼 	<ul style="list-style-type: none"> DOT が承認し、RCRA に適合する鋼鉄容器
	形状				<ul style="list-style-type: none"> 包装要件（別紙 3. の別表 2）に従う 	<ul style="list-style-type: none"> 溶接を用いないこと 気密性及び液密性を持つ 外装容器は保管条件に対して耐久性を持つ 	<ul style="list-style-type: none"> 3-L 又は 1-MT
	収納方法				<ul style="list-style-type: none"> 55℃で容器内に空間を残す 	<ul style="list-style-type: none"> 保管容器の容量の 80%以下 	<ul style="list-style-type: none"> 点検できるようにラベル表示し配列に工夫
	性能試験				<ul style="list-style-type: none"> 性能試験（落下、気密、圧力、積み重ね、表示）に適合したものであること 	<ul style="list-style-type: none"> 危険物輸送に関する国連の文書の落下試験及び漏れ止め試験に合格していること 	
	容器への表示	<ul style="list-style-type: none"> 適切に梱包し、表示 表示は、国の法令、その他を参照 容器に、容器番号や腐食性物質であること等のラベルを付ける 容器の技術要件への適合をラベルに示す 	<ul style="list-style-type: none"> 医薬用外毒物の表示 名称・成分・含量・製造者名等の表示 		<ul style="list-style-type: none"> 危険物等級の標識を掲示 品名及び国連番号を表示 	<ul style="list-style-type: none"> 容器識別番号等を記載した打ち抜き式印を掲示 証明書識別番号 	<ul style="list-style-type: none"> 側面等にラベル表示 容器の製造や構造的懸念等についての情報を示す
保管施設	一般規定	<ul style="list-style-type: none"> 保管施設は湿地帯や天候が著しい場所等には建設しない 水銀と物理的・化学的反応がおきないように設計 施設、施設へのアクセス者の制限 他の液状物質を保管しない 保管場所の通路は、十分な広さを確保する 	<ul style="list-style-type: none"> 貯蔵場所に鍵をかける設備がある、又は周囲に堅固な柵があること 陳列場所に鍵をかける設備があること 	<ul style="list-style-type: none"> 有害物質貯蔵指定施設に接続する配管・継手類・フランジ類・バルブ類及びポンプ設備、接続する排水溝・排水ます及び排水ポンプ等の排水設備の構造基準あり 地下貯蔵施設の構造基準（タンク室内への設置又は二重殻構造、外面の腐食防止、水量表示装置の設置）あり 		<ul style="list-style-type: none"> 水銀の排出に対して環境保護に適切なバリアを有する 	<ul style="list-style-type: none"> 保管施設は十分なよう量と通路空間が必要 保管施設の壁、天井及び保管容器の直下の地面は漏えいを削減するようにつくる 消火用水の封込め可能 施設全体はフェンスに囲まれている 保管施設の入退室記録 資源保全回収法（RCRA）の許容設計 セキュリティ、アクセス管理、換気システム、全天候型

項目		バーゼル条約水銀廃棄物の環境上適正な管理に関するガイドライン	毒物及び劇物取締法 [毒物（金属水銀）の保管に関する技術上の基準]	水質汚濁防止法 [有害物質（液体）貯蔵指定施設に係る構造基準]	危険物船舶運送及び貯蔵規則 [危険物全般に関する基準]	EU 埋立指令改正 (2011/97/EU) [金属水銀の一時保管に係る基準の追加]	米国金属水銀の長期保管に関する暫定ガイドライン
	施設容積	・不測の事態に備え余剰システム (redundant system) を設ける				・保管する金属水銀量に適した容積を持つ	・施設の封じ込め容積は容器用量全体の10%以上 等
	床	・淡色エポキシ樹脂被覆 ・排水溝や配管によって貫通しない ・水銀を容易に吸収しない材質		・コンクリート、タイルその他の不浸透性を有する材料による構造 ・有害物質を含む水の種類又は性状に応じ、耐薬品性及び不浸透性を有する材質で被覆 ・防液堤、側溝、ためます若しくはステンレス鋼の受皿又はこれらと同等以上の機能を有する装置を設置		・水銀耐性のシーリング剤で被覆 ・水だめを持つ傾斜をつける	・鉄筋コンクリート造 ・亀裂なし・不透水性
	防火対策	・火災検知システム、消防システム ・負圧 ・低温 (21℃あたり)			・防火並びに火災探知及び消火の措置を講じる	・防火システムを設置	・防火システム、換気システムを設置
	保管方法	・保管容器はパレットの上に垂直に置く	・他の物と区分して貯蔵できること			・他の物と分けて保管 ・全ての容器が即時に取り出せる配置	・容器の大きさ・種類別に保管 ・地震性能評価した柵に受皿付パレットを置き容器保管するなど
	保管施設への表示	・水銀が保管されている旨を警告標識とともに明確に表示	・貯蔵場所、陳列場所に「医薬用外」「毒物」の表示				・保管室入口に有害性の警告を表示
情報管理	・保管水銀のインベントリーを作成・更新	・出納品名・数量・日付の記録・1年保存		・出納した危険物の品名・数量・出納年月日を帳簿に記載し、1年間保存	・廃棄物枠組み指令で規定された記録保持規定の対象 ・全ての書類を保管終了後最低3年間保持	・RCRA 記録を最低3年間保管 ・RCRA に定める記録、マニフェスト、量等の情報を常に保管	
必要な措置	事故時の措置	・クリーンアップと汚染除去は、関連する機関に連絡して迅速に行う ・安全要件を実施するための手続きや、緊急事態発生時の対策計画を作成し、事故時に実行 ・緊急事態が発生した際、まずはサイトを確認し、危険性を特定する ・漏れいが多い場合は専門家を呼ぶ ・水を利用して漏れ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	・盗難・紛失の予防措置	・有害物質を含む水が漏れいした場合には、漏れい防止措置を講ずるとともに、漏れいした水を回収し、再利用するか、又は生活環境保全上支障のないよう適切に処理 ・公共用水域又は地下へ流出し、人健康又は生活環境に被害が生じるおそれある場合は、都道府県等に届出 ・有害物質を含む水の地下浸透による健康被害が生じる場合は、都道府県知事が地下水浄化のための措置を命ずることができる		・漏れ検出時は水銀環境排出防止措置を実施し、安全回復 ・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 ・金属水銀 200t 以上保有する施設は、重大事故防止策や安全報告の作成対象	・危機管理計画書作成 ・施設内に権限を持つコーディネーターが常駐 ・漏れい時は、水銀に特化した掃除機又はスポンジで吸収 ・安全具と洗浄具を常置 ・漏れは迅速に清掃 ・緊急時に対応する従業員の訓練を受け、資格を得る

項目		バーゼル条約水銀廃棄物の環境上適正な管理に関するガイドライン	毒物及び劇物取締法 [毒物（金属水銀）の保管に関する技術上の基準]	水質汚濁防止法 [有害物質（液体）貯蔵指定施設に係る構造基準]	危険物船舶運送及び貯蔵規則 [危険物全般に関する基準]	EU 埋立指令改正 (2011/97/EU) [金属水銀の一時保管に係る基準の追加]	米国金属水銀の長期保管に関する暫定ガイドライン
	点検・監視	<ul style="list-style-type: none"> ・ 損傷・漏れ・劣化に焦点を当てて、保管場所の定期的な点検を行う 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 床面、施設本体、付帯する配管等、排水溝等を定期的に点検し、結果を記録し、保存 ・ 水の補給状況及び設備の作動状況の確認等、施設の適切な運転のために必要な措置を講ずる ・ 使用の方法並びにその点検方法及び回数を定めた管理要領を明確に定める 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 保管施設及び容器の月 1 度以上の点検 ・ 埋立指令第 12 条で規定する管理・モニタリングの対象 ・ 水銀ガスの連続モニタリング装置設置 ・ 警告システム等設置し、毎年メンテナンス実施 ・ 保管サイト・容器は月に最低 1 度は、認可を受けた人が目視確認 ・ 漏えい確認時は直ちに対策を実施 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 保管施設の点検について運転許可証で定めることがある ・ 又は、点検周期を定めた文書を作成し、施設内に表示 ・ 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 ・ 水銀濃度分析機器を設置 (0.025mg/m³ 以下) ・ 訓練受講者が点検を行い、記録する
保管期間						・ 5 年間までの安全保管に適応可能	・ 長期期間（具体的な定めなし）
保管数量							

3. 金属水銀安定化・固型化物の劣化試験

3. 1 劣化試験の方法

金属水銀の安定化・固型化物の長期安定性を評価するため、以下のような劣化を行い、その後、質量測定や溶出試験、ヘッドスペース分析を行い、劣化による水銀溶出等への影響把握を試みた。なお、以下に示す劣化方法は、特定の基準等に基づくものではなく、今後の検討のために試行したものである。

表 金属水銀の安定化・固型化技術の長期安定性試験の概要

安定化・固型化方法	劣化方法	試験方法
硫化（黒色硫化水銀）＋硫黄ポリマー化	硫黄酸化細菌による劣化は、1つのフラスコに10g×5個の固化体、100mlの培地、 1×10^8 /mlの菌体懸濁液を加えて、30℃、170rpmで30日間回転振とうさせる。	劣化前後での質量測定 劣化後の硫酸イオン濃度測定 劣化後に13号試験、タンクリーチング試験、ヘッドスペース分析
硫化（黒色硫化水銀）＋低アルカリセメント固型化	硫酸塩による劣化は恒温槽内で、供試体の下部を5%硫酸ナトリウム溶液に浸漬させ、溶液の表面をパラフィンで被覆。恒温槽内の雰囲気は、プログラムにより5℃（相対湿度：60%±5%）で24時間保持した後、40℃（相対湿度：75%±5%）で24時間保持させる条件を繰り返す。	劣化前後の質量測定（1週間ごと×8回） 試験溶液中のCaイオン及び水銀濃度測定 劣化後13号試験、タンクリーチング試験、ヘッドスペース分析

3. 2 劣化試験後のヘッドスペース分析及び溶出試験の結果

3. 2. 1 ヘッドスペース分析の結果

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 ヘッドスペース分析の結果

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

固化体の種類		温度条件 (°C)	水銀濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
合成方法	劣化		
		40	3
		70	26
セメント固化体 (B社)	無	10, 25, 30, 40, 70	いずれも<1
	有	10, 25, 30, 40, 70	いずれも<1

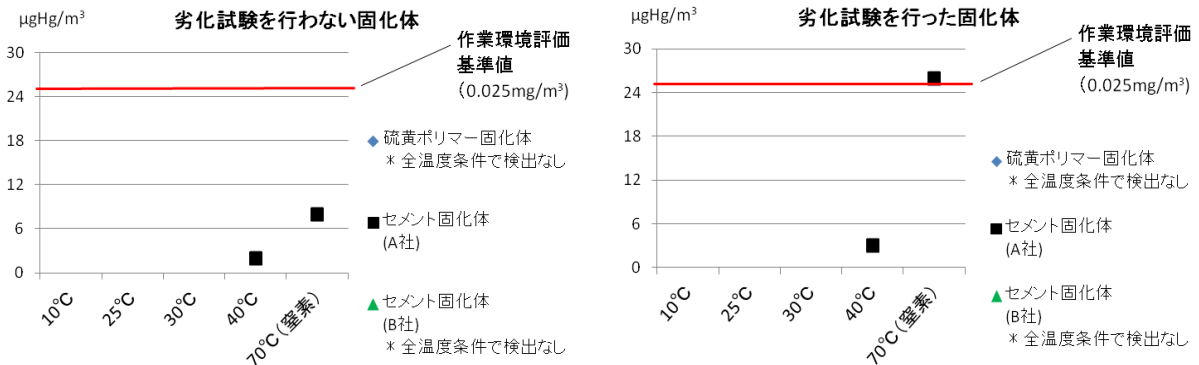


図 ヘッドスペース分析試験結果

今回の試験では、A社セメント固化体についてのみ、劣化の前後で、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。

3. 2. 2 溶出試験の結果

溶出試験（環境庁告示13号試験及びタンクリーチング試験）の結果を下表に示す。

表 溶出試験の結果

固化体の種類		13号試験		タンクリーチング試験	
合成方法	劣化	水銀濃度 (mg/L)	pH	水銀濃度 (mg/L)	pH
硫黄ポリマー固化体	無	平均： <u>0.0018</u>	平均： <u>6.08</u>	0.00026	6.15
		①0.0019	① 6.02		
		②0.0023	② 6.13		
	③0.0012	③ 6.10			
有	平均： <u><0.0001</u>	平均： <u>5.25</u>	<0.00010	4.78	
	①<0.0001	① 5.46			
	②<0.0001	② 4.87			
③<0.0001	③ 5.42				

固化体の種類		13号試験		タンクリーチング試験	
合成方法	劣化	水銀濃度 (mg/L)	pH	水銀濃度 (mg/L)	pH
セメント固化体 (A社)	無	平均： <u>0.0029</u> ①0.0032 ②0.0025 ③0.0031	平均： <u>10.93</u> ①11.11 ②10.86 ③10.82	<u>0.00051</u>	10.48
	有	平均： <u>0.0039</u> ①0.0043 ②0.0028 ③0.0045	平均： <u>10.06</u> ① 9.89 ②10.11 ③10.17	<u>0.00140</u>	10.22
セメント固化体 (B社)	無	平均： <u>0.0069</u> ①0.0065 ②0.0056 ③0.0087	平均： <u>10.68</u> ①10.70 ②10.72 ③10.63	<u>0.00620</u>	9.52
	有	平均： <u>0.0015</u> ①0.0012 ②0.0021 ③0.0011	平均： <u>10.09</u> ① 9.92 ②10.12 ③10.23	0.00037	9.76

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。

環境庁告示13号試験について、下図に固型化方法と劣化試験の有無による溶出量の違いについて整理した。

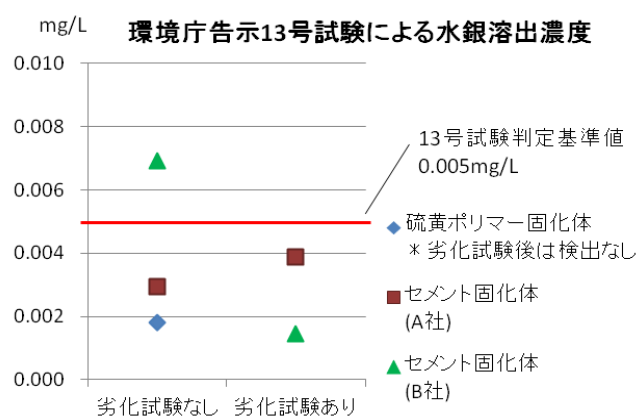


図 金属水銀安定化・固型化物の13号試験結果

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、劣化前のB社セメント固化体のみであった。

硫黄ポリマー固化体については、硫黄細菌による劣化が確認されたにも関わらず、劣化前より劣化後に水銀濃度が低下した。この要因としては、硫酸化細菌による劣化時に、フラスコ中の溶液に水銀が溶出した可能性もあるが、溶液中の水銀濃度を計測していなかったことから、この点は確認できていない。

セメント固化体については、A社セメント固化体は劣化前より劣化後の濃度が高く、B社セメント固化体はその逆の結果となった。この要因としては、以下が考えられる。

- 下表に示すように、A社セメント固化体の溶出試験液はpH10を超える一方、B社セメント固化体の溶出試験液はpH10未満であったことから、A社の方が、硫化水銀からの水銀溶出を促進した。
- A社セメント固化体の方が硫酸塩による劣化が激しかったため、劣化後の水銀溶出濃度が高まった。一方、B社セメント固化体は硫酸塩による劣化がそれほど起こらず、硫酸ナトリウム溶液が毎週交換されたことから、表面に付着していた余分な水銀が硫酸ナトリウム溶液に溶出し、結果として13号試験における水銀濃度が低下した。あるいは劣化試験前の養生期間が十分ではなかったが、硫酸ナトリウム溶液浸漬期間が追加的な養生期間となり、強度が増した²⁸。

3. 2. 3 タンクリーチング試験の結果

タンクリーチング試験の結果を下図に示す。

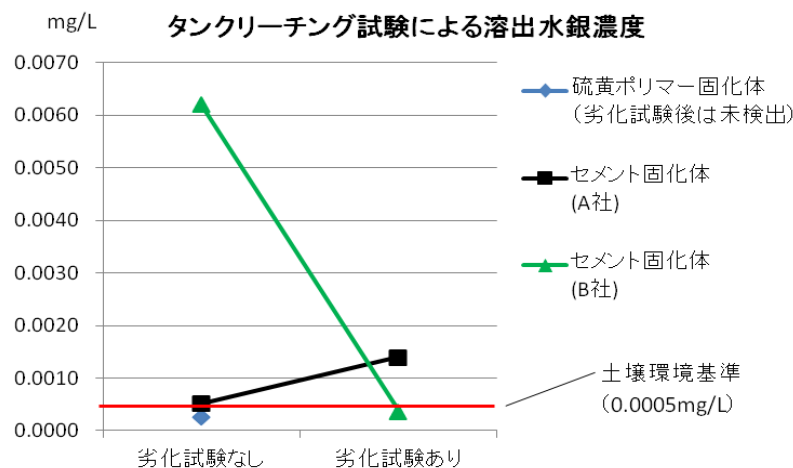


図 タンクリーチング試験の結果

²⁸ A社セメントは普通ポルトランドセメントと同程度の圧縮強度になるのに7日、B社セメントは182日かかる。(電力中央研究所.(2009)高レベル放射性廃棄物処分施設への低アルカリセメントの適用性に関する研究—低アルカリセメントに関する既往の知見の整理と基礎物性の把握—)

硫黄ポリマー固化体は、劣化の有無によらず 0.0005mg/L を超えることはなかったが、A 社セメント固化体は、劣化前及び後も 0.0005mg/L を超え、かつ劣化後に濃度が上昇した。一方、B 社セメント固化体では、劣化の前に 0.0005mg/L を超えていたが、劣化後は 0.0005mg/L を下回った。

13 号試験の結果と同じ傾向が見られることから、前項目に掲げたように、A 社セメント固化体は劣化による固化体の強度の低下が起こった一方、B 社セメント固化体は硫酸ナトリウム溶液浸漬期間が追加的な養生期間となり、強度が増したことが考えられる。

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 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			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	・細菌による劣化 6.08(劣化なし) 5.25(劣化あり)	5.97	6.85	・細菌による劣化 6.15(劣化なし) 4.78(劣化あり)
セメント固化体 (黒色硫化水銀)	12.00	10.88	・A 社 10.93(劣化なし) 10.06(劣化あり)	11.90	10.76	・A 社 10.48(劣化なし) 10.22(劣化あり)
			・B 社 10.68(劣化なし) 10.09(劣化あり)			・B 社 9.52(劣化なし) 9.76(劣化あり)

セメント固化体では、A 社のセメントを用いた劣化していない固化体でのみ、pH が昨年度とほぼ同じ値であったが、それ以外の条件におけるセメント固化体は、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り、硫黄細菌による劣化後には pH 低下が起き、昨年度以前も含め最も低い pH 値が測定された。

3. 3 試験結果のまとめ

本試験の結果は、以下のとおりであった。

- ・ 硫黄ポリマー固化体は、硫黄酸化細菌による劣化の前後において、13 号試験、タンクリーチング試験も関連基準を満足した。硫黄ポリマー固化体の長期的安定性を確認するため、硫黄酸化細菌による劣化の影響を把握しようとしたが、劣化による水銀溶出の促進は観察されなかった。劣化の影響がなかったのか、硫化水銀の粒度分布の違いによる供試体の個体差によるものなのかは判断がつかない。
- ・ 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、劣化前は 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、硫酸塩による劣化後は、タンクリーチング試験の結果が関連基準を満たさなかった。

また、今後の課題としては以下が挙げられる。

- 硫黄酸化細菌による硫黄ポリマー固化体の劣化の影響を把握するためには、フラスコ中の溶液の硫酸イオン濃度だけでなく、水銀濃度も計測すべきである。
- 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。

4. 水銀添加廃製品の排出量推計の詳細

4. 1 電球類（蛍光灯、冷陰極蛍光灯、HID ランプ）

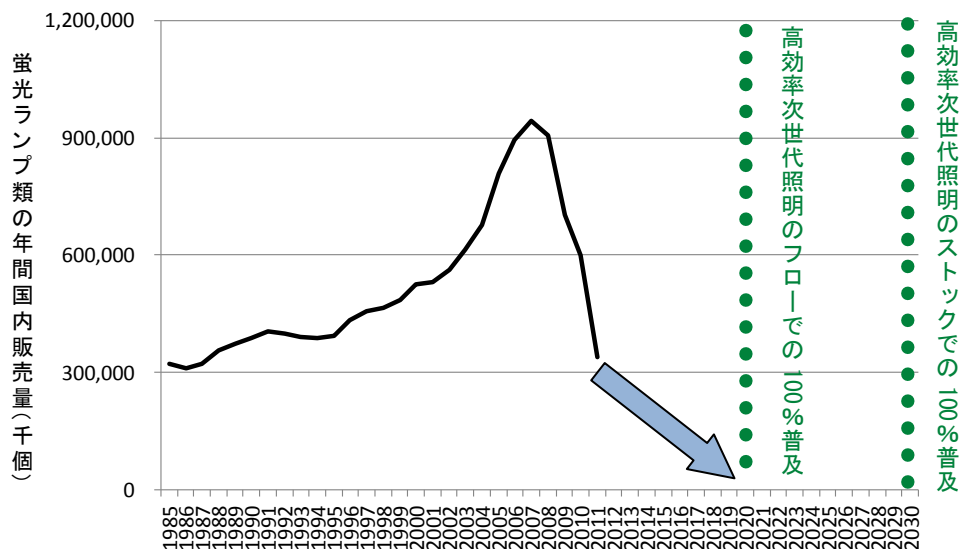
(1) 使用量の見通し

蛍光灯類（冷陰極蛍光灯含む）の国内販売量は、図 1 のように 2007 年をピークにして減少傾向にある。また、HID ランプの出荷量は、図 2 のように 2003 年から 2004 年に大幅に増加した後、2008 年をピークにして減少傾向にある。これは LED 照明などの高効率次世代照明の普及が進んできたことによるものと考えられる（図 3 参照）。

2003 年に閣議決定され、2010 年に第 2 回目の改定が行われた「エネルギー基本計画」では、高効率次世代照明(LED 照明と有機 EL 照明)の普及目標が 2020 年までにフローベースで 100%、2030 年までにストックベースで 100%となった²⁹。2012 年には、メーカーや小売業者、消費者団体などからなる高効率照明の普及啓発団体「省エネあかりフォーラム」と政府が一緒になって進める節電・温暖化対策のための照明のキャンペーン「あかり未来計画」が実施され、LED 等の省エネ照明への切り替えが普及・促進されている³⁰。

冷陰極蛍光灯（バックライト）については、2009 年以降 LED への切り替えが急進しており、世界市場規模は 2009-15 年で約 84%減となり、2020 年までには冷陰極蛍光灯の使用は終焉するとも予測されている³¹。

水俣条約では、2020 年から表 1 に示すように一定量を超える水銀を含有する蛍光灯類は製造及び輸出入が禁止されるが、エネルギー基本計画における高効率次世代照明の普及目標が達成され、冷陰極蛍光灯の LED への切り替えも進めば、2020 年における蛍光灯類の国内販売量は限りなくゼロに近くなると想定される。



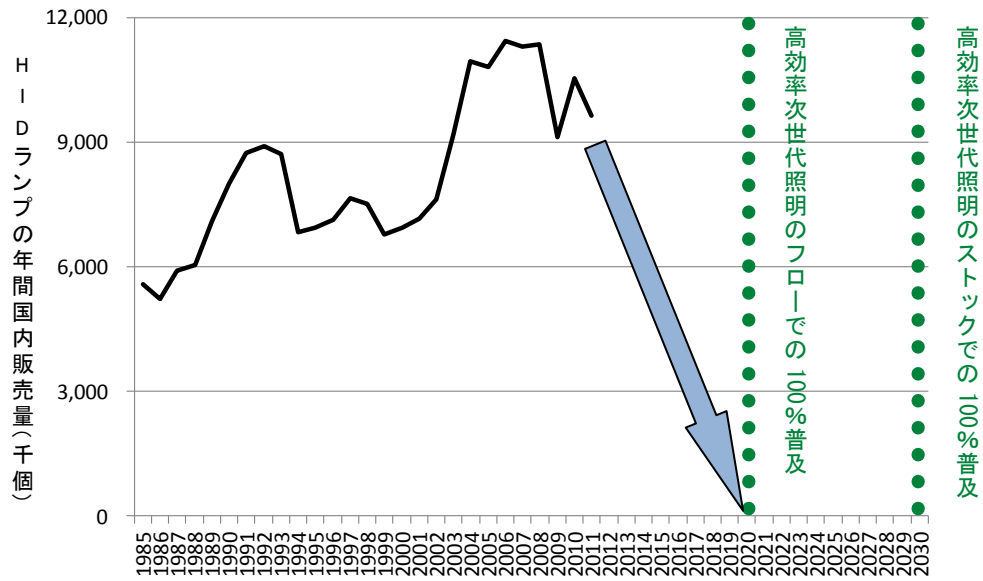
出典：経済産業省生産動態統計（機械統計）

図 1 蛍光灯類の国内販売量の推移

²⁹ エネルギー基本計画。(2010) <http://www.enecho.meti.go.jp/topics/kihonkeikaku/100618honbun.pdf>

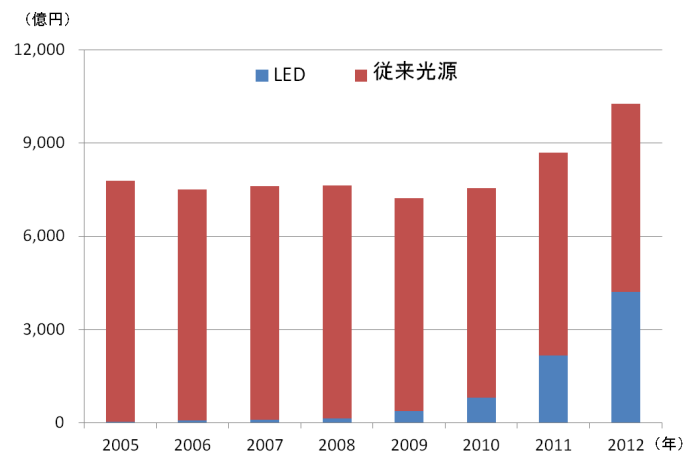
³⁰ あかり未来計画サイト <http://www.challenge25.go.jp/akari/>

³¹ 神鋼リサーチ。(2011) 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。



出典：経済産業省生産動態統計（機械統計）

図 2 HID ランプの国内販売量の推移



出典：矢野経済研究所（2011, 2013）照明市場に関する調査結果³²

図 3 国内照明（一般照明）の市場規模

表 1 水俣条約の発効により、2020 年から製造及び輸出入が禁止される蛍光ランプ

蛍光ランプの種類	水銀含有量
30W以下の一般的な照明用のコンパクト形蛍光ランプ (CFLs)	5mg超
一般的な照明用の直管蛍光ランプ (LFLs)	(a) 60W未満の三波長形蛍光体：5mg超 (b) 40W以下のハロリン酸系蛍光体：10mg超
一般的な照明用の高圧水銀蒸気ランプ (HPMV)	全て

³² <http://www.yano.co.jp/press/pdf/1142.pdf>

蛍光灯の種類	水銀含有量
電子ディスプレイ用の冷陰極蛍光灯 (CCFL) 及び外部電極蛍光灯 (EEFL)	(a)長さ500mm以下： 3.5mg超 (b)長さ500mm超1500mm以下： 5mg超 (c)長さ1500mm超： 13mg超

また、一般照明用の高圧水銀蒸気ランプについては、水俣条約の発効により、2020年以降の製造及び輸出入が禁止されることになる。HIDランプは、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であり、機械統計における内訳が不明であるが、一般照明用の高圧水銀蒸気ランプに該当するものは、当該規制の対象となる。

(2) 排出量の見通し

蛍光灯類について次の条件で今後の廃製品発生量の推計を行ったところ、図4のようになった。なお、1985年からの5年間は1984年以前の製品出荷量に関するデータがないため、正しい廃製品発生量とはなっていない。

- 2012年以降の国内販売量は、2020年にゼロになるよう一定割合で減少していく。
- 蛍光管の平均寿命6000～1200時間を踏まえ、1日10時間点灯した場合の平均寿命は900日を用いる。
- ワイブル関数を用いて蛍光管の故障を算出し、n年の年間廃蛍光灯発生量 = 【(n-1)年販売量×1年目故障率】 + 【(n-2)年販売量×2年目故障率】 + … + 【(n-m)年販売量×m年目故障率】として廃蛍光灯類の数を推計する。

2020年に国内販売量がゼロになった場合、2026年には廃蛍光灯類の発生量がゼロとなり、エネルギー基本計画でいう2030年の高効率次世代照明のストックでの100%普及も達成されることになる。

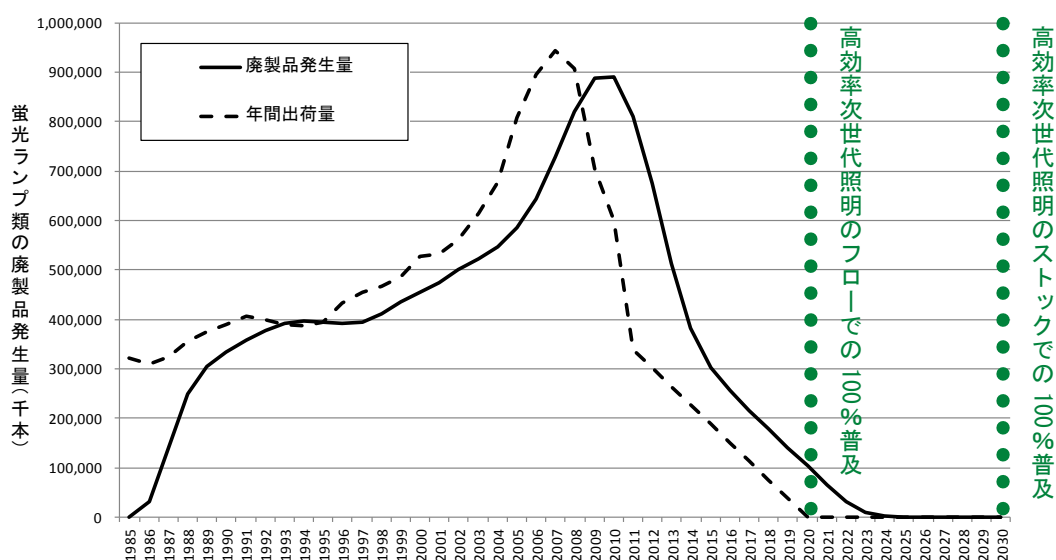


図4 廃蛍光灯類の発生量推計の結果

HID ランプは、出荷量の中の内訳が不明のため、製品寿命の設定が困難であり、廃製品発生量の推計は行っていない。

4. 2. ボタン形電池

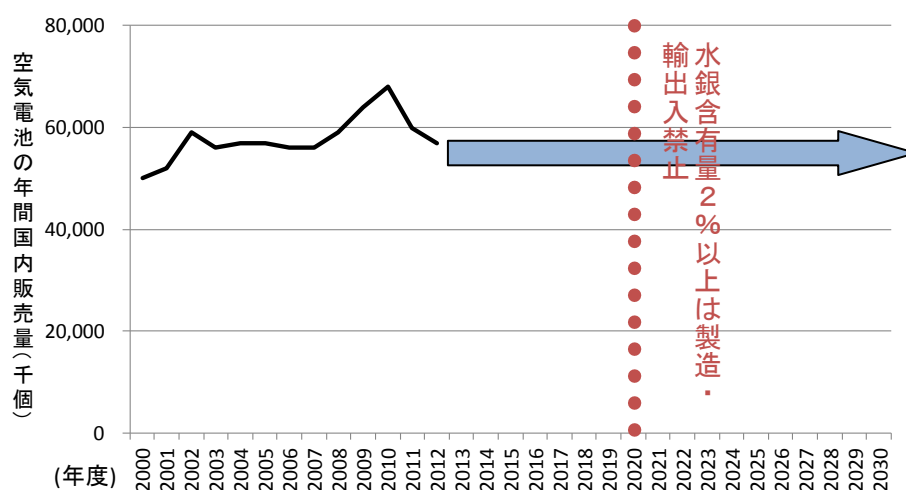
4. 2. 1 空気亜鉛電池

(1) 使用量の見通し

空気亜鉛電池は主に補聴器に用いられているが、水銀フリー製品は発売されておらず、国内販売量は年間 6 千万個程度で推移している（図 5 参照）。

水俣条約の発効に伴い、水銀含有量 2wt%以上のボタン形空気亜鉛電池は 2020 年までに製造及び輸出入が販売禁止となるが、我が国で販売されているボタン形空気亜鉛電池の水銀含有量は、平均 0.3wt%であり、2020 年以降の製造及び輸出入の禁止対象とはならない。

水銀フリー製品が発売されておらず、水銀含有量からいって条約の規制対象とならないことを踏まえると、2020 年以降当面はボタン形空気亜鉛電池の国内出荷は続くものと想定される。



出典：電池工業会、一次電池販売数量長期推移³³

図 5 空気亜鉛電池の国内販売量の推移

(2) 排出量の見通し

空気亜鉛電池について次の条件で今後の廃製品発生量の推計を行ったところ、図 6 のようになった。

- 2013 年以降の国内販売量は、過去 10 年の出荷量の平均（5,900 万個）と一定となる。
- 補聴器に用いられる空気亜鉛電池は、1～2 週間で交換されることから、当該年度に出荷された電池は当該年度に廃棄される。

空気亜鉛電池の水銀フリー代替品が販売されない限り、毎年 5,900 万個の廃空気亜鉛電池が発生する。製品重量 0.8g、製品中水銀含有量 0.3wt%とすると、廃製品量 47.2 トン、水銀量

³³ <http://www.baj.or.jp/statistics/12.html>

0.142 トンとなる。

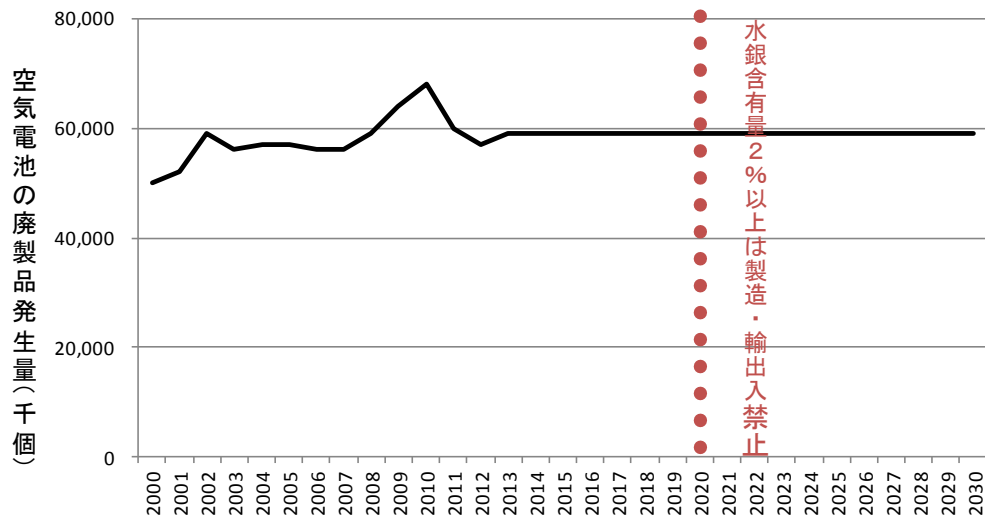


図 6 廃空気亜鉛電池の発生量推計の結果

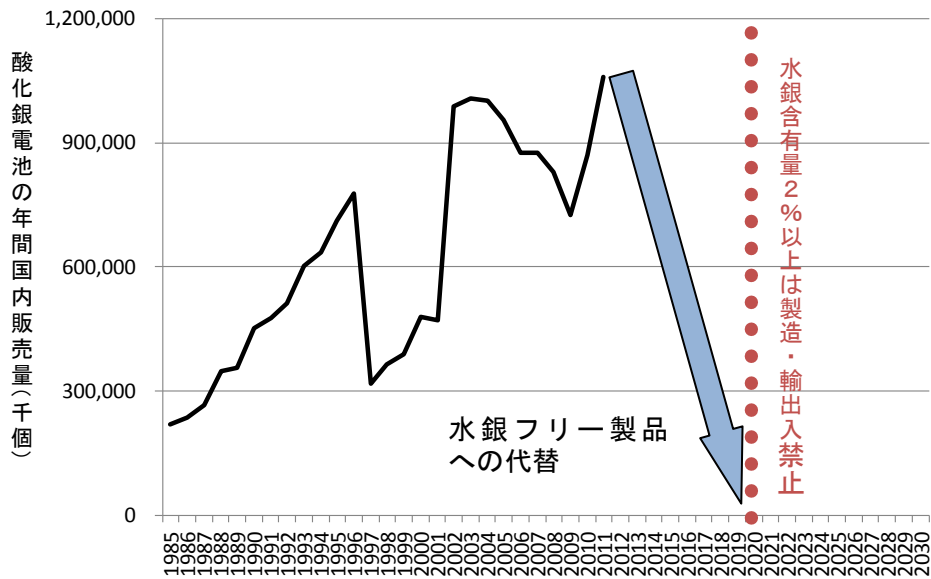
4. 2. 2 酸化銀電池

(1) 使用量の見通し

酸化銀電池は主に腕時計や電子体温計などに用いられている。2005 年から水銀フリー製品が発売され、国内販売量は減少したが、近年は増加傾向にある（図 7 図 5 参照）。

水俣条約の発効に伴い、水銀含有量 2wt% 以上のボタン形酸化銀電池は 2020 年までに製造及び輸出入が販売禁止となる。我が国で販売されている水銀を含む酸化銀電池の水銀含有量は平均 0.1wt% であり、2020 年以降の製造及び輸出入の禁止対象とはならないが、電池工業会への平成 25 年度ヒアリング調査結果によると、国内主要メーカーは既に酸化銀電池の無水銀化を達成しており、今後、酸化銀電池の国内製造分は水銀フリー製品に移行する見通しである。

このため、水銀を含む酸化銀電池の国内製造量が 2020 年までにゼロとなると想定し、将来の廃製品発生量を推計する。



出典：経済産業省生産動態統計（機械統計）

図 7 酸化銀電池の国内販売量の推移

(2) 排出量の見通し

酸化銀電池について次の条件で今後の廃製品発生量の推計を行ったところ、図 8 のようになった。なお、1985 年からの 4 年間は 1984 年以前の製品出荷量に関するデータがないため、正しい廃製品発生量とはなっていない。

- 2012 年以降の国内販売量は、2020 年の国内販売量がゼロになるよう一定割合で減少していく。
- 酸化銀電池の使用推奨期限が 2 年であることを踏まえ、平均寿命を 2 年とする。
- ワイブル関数を用いて蛍光灯と同様に廃酸化銀電池の数を推計する。

2020 年の廃製品発生量は約 2 億 7 千万個で、製品重量 0.5g、製品中水銀含有量 0.1wt% とすると、廃製品量 134.1 トン、水銀量 0.134 トンとなる。2025 年以降の廃製品発生量はゼロとなる。

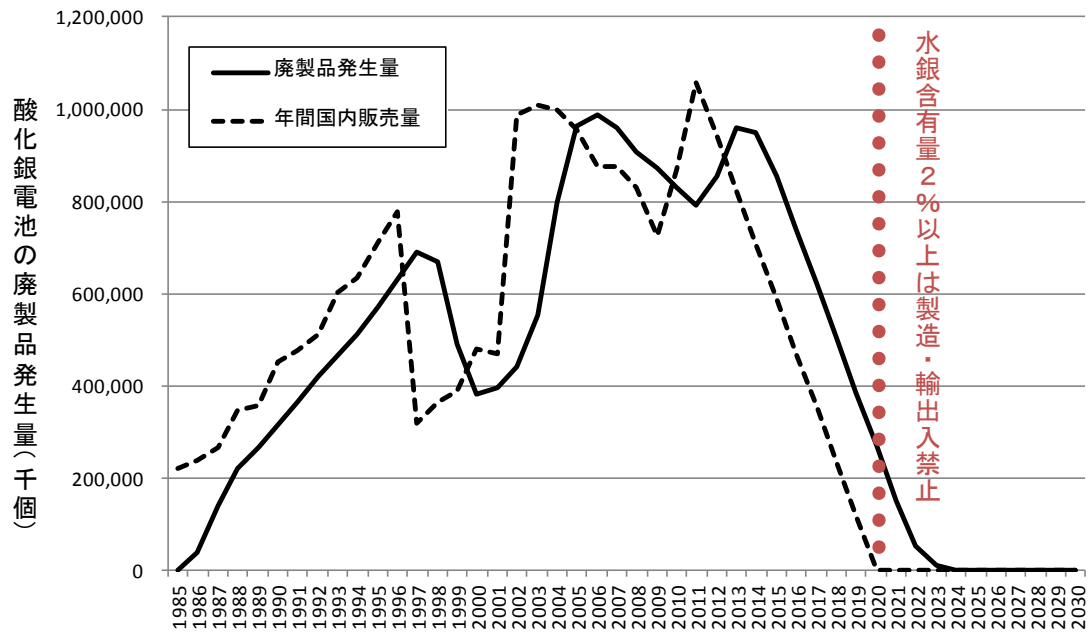


図 8 廃酸化銀電池の発生量推計の結果

4. 2. 3 アルカリ電池

(1) 使用量の見通し

アルカリボタン電池は、主に玩具、防犯ブザー、タイマーなどの小型機器に用いられている。2009年から水銀フリー製品が販売されているが、国内販売量に関する統計がないため、推移については把握できていない。水銀に関するマテリアルフローの作成において、2010年の生産量中の水銀量は0.103トンと報告されており、製品重量平均1.6g、水銀含有量0.2wt%から推計すると年間生産個数約32,000千個、製品重量で51.5トンとなる。

アルカリボタン電池は、玩具、防犯ブザー、タイマーなどの小型機器に用いられていることから、海外からの輸入品に組み込まれているものも多いが、関連する統計はない。

水俣条約の発効に伴い、アルカリボタン電池は2020年までに製造及び輸出入が販売禁止となる（水銀含有量による例外はない）。

(2) 排出量の見通し

国内販売量に関する統計がないため、廃製品発生量の推計は行えないが、水俣条約発効により、2020年以降は製造及び輸出入が禁止される。また、水俣条約の締約国には、自国にとって製造及び輸出入が許可されていない水銀添加製品の製品への組込を防止する措置をとることが義務づけられていることから、アルカリボタン電池が組み込まれた製品の輸出国が適用除外の申請をしない限り、2020年以降は製品への組込が減少するものと考えられる。なお、適用除外の申請及びその延長を行っても、2030年にはアルカリボタン電池の製造及び輸出入が禁止となることから、製品への組込も2030年以降は減少すると考えられる。

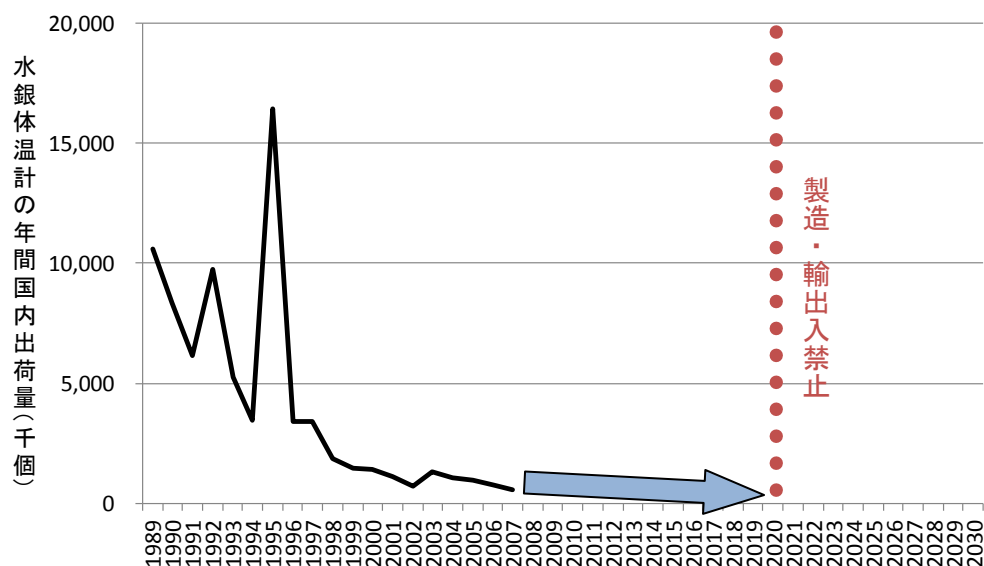
4. 3. 体温計・血圧計

4. 3. 1 体温計

(1) 使用量の見通し

水銀体温計は、水銀フリー代替品（電子体温計）の登場（薬事工業統計に表れるのは昭和 58 年（1983 年））とともに、国内出荷量が減少している。2007 年度（平成 19 年度）における体温計の出荷数に占める割合は、電子体温計 93.1%、水銀体温計 6.9%と、電子体温計が主流となっている。国内出荷量に関するデータは、厚生労働省の薬事工業精算動態統計のみであり、平成 20 年度に統計上の出荷量が記載されなくなっているが、平成 22 年度については、関係企業へのヒアリングにより、生産量はゼロであるものの、152,000 本が輸入され、国内販売されていることが把握されている。

水俣条約の発効により、水銀体温計は 2020 年から製造及び輸出入が禁止されるため、生産量はゼロのまま推移し、2020 年以降は輸入量もゼロになると想定される。



出典：厚生労働省薬事工業生産動態統計

図 9 水銀体温計の国内出荷量の推移

(2) 排出量の見通し

水銀体温計は、故障率を設定して廃製品発生量を推計する方法が適用できない。また、国内出荷量も大幅に減少していることから、保有されている製品数を推計することとする。

一般廃棄物として排出される家庭における保有量については、既存の研究³⁴では、家庭での水銀体温計保有量は 0.5 本/世帯と把握されている。当該研究での世帯人数の平均は 3.6 人であったことから、人口 1 人当たり換算すると、0.14 本/人となり、これに平成 22 年度の日本の人口（128,057 千人）、製品重量 5g/本、製品中水銀量 1.2g/本を乗じると、製品重量 89 トン、水銀量

³⁴ 浅利美鈴. (2011) 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的安全管理に関する研究」第 6 章「水銀含有製品の保有・退蔵実態に関する調査」

21 トンが保有されていることになる。また、オーストリアの回収キャンペーンでは、0.12 本/人の回収があったことから、平成 22 年度の日本の人口を乗じると、1,537 万本が保有されていることとなり、製品重量 77 トン、水銀量 18 トンが保有されていることになる。

産業廃棄物として排出される医療機関等における保有量については、既存の研究³⁵では、病院及び診療所における体温計保有量は約 37 万個と推計されており、この数を用いると体温計 1 本 5g として廃棄製品量 1,850kg、1 本当たりの水銀含有量 1.2g として水銀量 444kg が保有されている。また、熊本県での調査結果³⁶を日本全国に拡大推計すると、教育・医療・行政機関等の水銀体温計の保有量は水銀量で 1 本 1g の場合 1,570kg と推計され³⁷、1 本 1.2g にすると水銀量 1,884kg、廃製品量 7,850kg となる。

これを整理すると以下のようなになる。

表 2 家庭における体温計の保有量推計結果

原単位の根拠	原単位	製品量	水銀量
国内家庭での保有量調査	0.14 本/人	89 トン	21 トン
オーストリアでの回収結果	0.12 本/人	77 トン	18 トン

表 3 医療機関等における体温計の保有量推計結果

原単位の根拠	本数	製品量	水銀量	対象機関
熊本県での保有量調査の拡大推計	—	7850kg	1884kg	病院、診療所、教育機関、行政機関
国内医療機関での保有量調査	37 万個	1850kg	444kg	病院、診療所

4. 3. 2 血圧計

(1) 使用量の見通し

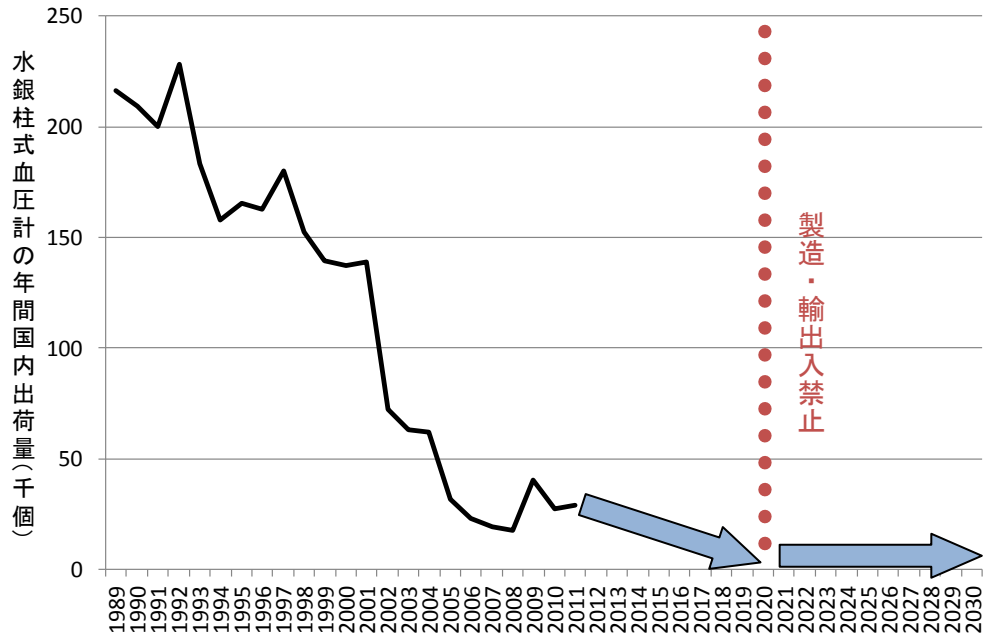
水銀血圧計は、水銀フリー代替品（電子血圧計）が普及しており、平成 23 年度における血圧計の国内出荷数に占める割合は電子血圧計 96.7%、水銀柱式血圧計 1.1%、アネロイド式血圧計 1.1% と、電子血圧計が主流となっている。水銀血圧計の国内出荷量は 1990 年代から減少傾向にあるが、業界団体に所属しない企業のインターネットを通じた販売量は補足されていない可能性がある。

水俣条約の発効により、水銀体温計は 2020 年から製造及び輸出入が禁止されるが、高精密度の測定用は例外となっているため、若干の国内出荷量（医療機関での特定患者測定用、当該患者の血圧を測定するための学校機関用）は存在するものと想定される（図 10 参照）。

³⁵ 浅利美鈴. (2012) 平成 23 年度環境研究総合推進費補助金研究事業結果報告書「水銀などの有害金属の循環利用における適正管理に関する研究」第 2 章「水銀回収量推計の精緻化および製品由来水銀の回収促進」

³⁶ 熊本県水銀含有製品使用実態等調査結果 (2011 年度)
<http://www.pref.kumamoto.jp/soshiki/42/mercury-result.html>

³⁷ 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



出典：厚生労働省薬事工業生産動態統計

図 10 水銀血圧計の国内出荷量の推移

(2) 排出量の見通し

水銀血圧計について次の条件で今後の廃製品発生量の推計を行ったところ、図 11 のようになった。1989 年からの 20 年間は 1988 年以前の製品出荷量に関するデータがないため、正しい廃製品発生量とはなっていない。

- 2012 年以降の国内出荷量は、2020 年の国内出荷量がゼロになるよう一定割合で減少していく（高精密度測定用が残ることは考慮しない）。
- 水銀血圧計の使用推奨期限が 10 年であることを踏まえ、平均寿命を 10 年とする。
- ワイブル関数を用いて蛍光ランプと同様に廃水銀血圧計の数を推計する。

2020 年に国内出荷量がゼロになった場合、2040 年に廃製品発生量はゼロとなるが、実際には、高精密度測定用として残る国内出荷量に応じた廃製品が発生する。

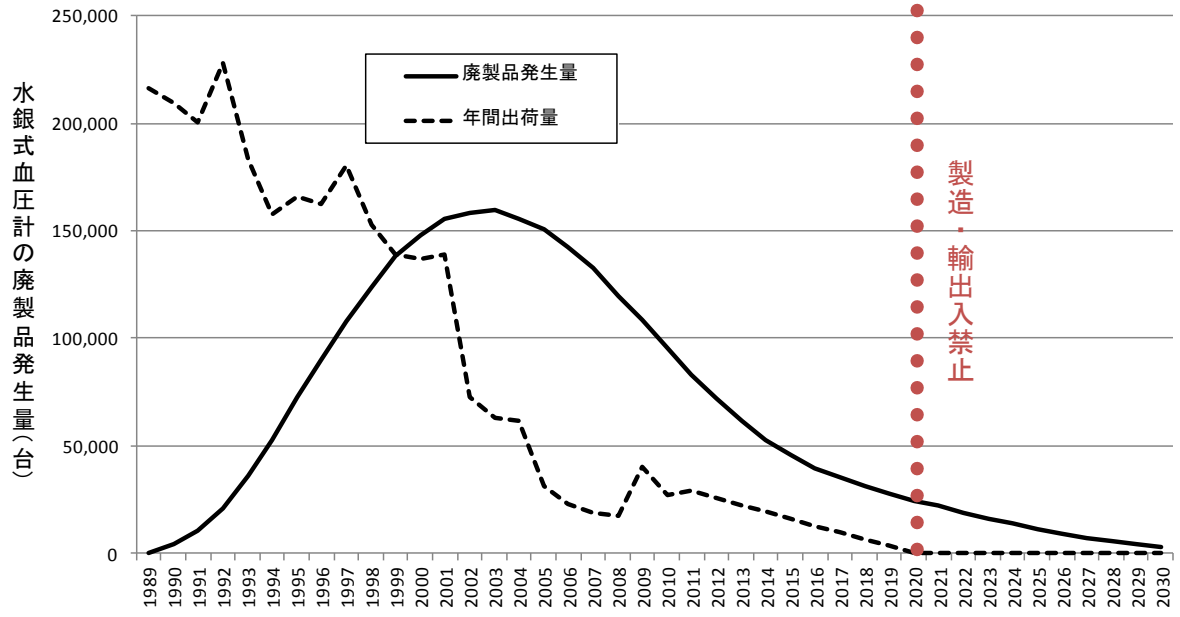


図 11 廃水銀血圧計の発生量推計結果

5. 他国における水銀汚染物の中間処理・埋立処分基準

5. 1 中間処理に関する規制

国によっては、一定濃度以上の水銀を含有する廃棄物には、水銀の回収を義務付ける等、中間処理に関する規制を設けているところがある。以下に、それらの中間処理に関する規制を整理する。

表 諸外国における水銀廃棄物の中間処理に関する規制

国名	規制内容	根拠等
米国	<ul style="list-style-type: none"> 水銀含有量 260mg/kg 以上の有機系廃棄物（焼却残さを除く）及び無機系廃棄物（焼却・焙焼・回収残渣を含む）、雷酸水銀廃棄物に、埋立処分の前に熱処理による水銀回収を義務付け 	Land Disposal Restrictions (40 CFR Part 268)
フィンランド	<ul style="list-style-type: none"> 水銀の排出量を最小化するため、特別埋立地で処分する前に、すべての水銀廃棄物は厳重に管理された硫化装置（well-controlled sulphidation reactor）で中和・処理。さらに、埋立地の廃棄物中の水銀の溶出度（solubility）に関する補完的要求事項もある。 	具体的な法令名は不明だが、EUの水銀戦略見直しの報告書 ³⁸ の情報による。
スウェーデン	<ul style="list-style-type: none"> 岩盤中の最終処分の前における水銀の前処理に関する要求事項は現在検討中。 スウェーデン政府は、廃棄物政令 2001:1063（水銀 0.1% 超の廃棄物は地下保管を要求）の下で、本件について作業を行うコーディネーターを指名。最近の法案作成に先だって行われた評価においては、水銀は硫化水銀として安定化され、保管されることが想定されている。 	具体的な法令名は不明だが、EUの水銀戦略見直しの報告書 ³⁸ の情報による。
オランダ	<ul style="list-style-type: none"> 国家廃棄物管理計画（National Waste Management Plan）が廃棄物処理方法の基準を規定。水銀廃棄物に関する最低基準は、水銀を分別して金属やガラスなど他の廃棄物を回収すること。この最低基準は廃棄物処理施設の建設許可条件を設定するために用いられる。 主に燃料あるいはエネルギー生成に利用するため、水銀廃棄物（>10ppm）を他の廃棄物と混合することを禁止。 	National Waste Management Plan

米国及びスウェーデンにおける基準設定の根拠は以下のとおりである。

5. 1. 1 米国において廃棄物から水銀回収を義務付ける水銀濃度（260mg/kg）の根拠

米国において、非液体廃棄物（non wastewater）に該当する廃棄物は水銀濃度の観点から以下

³⁸ Bio Intelligence Service and GRS. (2010) European Commission Review of the Community Strategy Concerning Mercury.

の 2 つに分類している。

- 高濃度水銀廃棄物 (High Mercury Category)
- 低濃度水銀廃棄物 (Low Mercury Category)

高濃度水銀および低濃度水銀の判断基準は廃棄物中の水銀濃度が 260mg/kg となっている。高濃度水銀廃棄物は安定化処理が許されておらず、Retorting プロセス (加熱+蒸留により水銀を回収する方法) による処理が必要となる。低濃度水銀廃棄物に関しては安定化処理が許されており、処理後の残渣の TCLP 試験による濃度が 0.025mg/L となっていることが必要となる³⁹ (retort プロセスの残渣の場合は 0.20mg/L)。

廃棄物の分類基準となる 260mg/kg の根拠については、USEPA の廃棄物部門 (Office of Solid Waste) が 1990 年に作成した報告書⁴⁰に説明が記載されている。

260mg/kg の値を設定する際、USEPA が水銀を含む廃棄物の Retort プロセスによる水銀回収が可能となる濃度を検討した。この時に USEPA が参照したデータを次ページの Table4-5 に示す。このデータに基づき、Retort 処理によって 99%以上の水銀回収率が達成できることを実証できた廃棄物の最低水銀濃度が 255mg/kg であったことから、この数値を丸めた 260mg/kg を水銀回収の判断基準とした。

³⁹

[http://yosemite.epa.gov/osw/rcra.nsf/ea6e50dc6214725285256bf00063269d/8674E9E638F8F69D8525707500688638/\\$file/14685.pdf](http://yosemite.epa.gov/osw/rcra.nsf/ea6e50dc6214725285256bf00063269d/8674E9E638F8F69D8525707500688638/$file/14685.pdf) の 2 ページ目

⁴⁰ USEPA Office of Solid Waste. (1990) Best Demonstrated Available Technology (BDAT) Background Document for Mercury-containing Wastes D009, K106, P065, P092, and U151.

Table 4-5 Treatment Performance Data for Retorting of Mixed K071/K106 Waste from Literature Source A

Constituent	Untreated waste	Treated waste
	Total concentration (ppm)	Total concentration (ppm)
<u>Sample Set No. 1</u>		
Mercury	345	0.5 - 0.8
<u>Sample Set No. 2</u>		
Mercury	255	1.6 - 3.1
<u>Sample Set No. 3</u>		
Mercury	290	1.7 - 2.6
<u>Sample Set No. 4</u>		
Mercury	438	2 - 7.2
<u>Sample Set No. 5</u>		
Mercury	370	1.6

Note: Design and operating parameters are as follows:

Parameter	Design value	Operating value				
		SS#1	SS#2	SS#3	SS#4	SS#5
Waste feed rate (lb/hr)	300-700	540	560	580	450	680
Retort temperature (*F)	1200-1400	1400	1250	1350	1350	1386

Source: Perry 1974.

出典：USEPA Office of Solid Waste. (1990) Best Demonstrated Available Technology (BDAT) Background Document for Mercury-containing Wastes D009, K106, P065, P092, and U151.

5. 1. 2 スウェーデンにおいて地下保管を義務付ける廃棄物中の水銀濃度 (0.1%) の設定根拠

スウェーデン EPA において水銀を含む廃棄物が保管される際、以下の条件を満足することが必要とされている。

- ・ 水銀の保管場所からの漏えいによる地下水の水銀濃度は 1 μ g/l 以下になっていること (飲用水における基準：National Food Administration drinking water criteria)
- ・ 表面水の保護の観点から水銀の保管場所から漏えいし地表水へ達する放流水における水銀の量は年間 0.5~10g 以下となっていること
- ・ 保管場所の管理を実施しなくても長期 (1000 年以上) にわたって水銀が隔離された状態が保たれること

スウェーデンの EPA において、上記の条件を満足する保管場所としては地下 400m 以上の地下岩盤貯蔵 (deep bedrock repository) が最適と判断されている。さらに、スウェーデン EPA は廃棄物中に含まれる水銀は様々の形態にあることから、地下岩盤貯蔵施設に保管する際、廃棄物から水銀を抽出し、安定化することが必要とされている。

スウェーデンの EPA が行ったインヴェントリーでは、廃棄物における水銀の量は以下のように推計されている (2010 年基準年推計値)。水銀濃度が 0.1% 以上の廃棄物の大半は 2 つの会社 (Boliden Mineral AB 社、SAKAB 社) が保有しているものである。

表 スウェーデンにおける水銀を含む廃棄物の量 (2010 年推計値)

	廃棄物量(トン)	水銀量
水銀濃度 1% 以上の廃棄物	15,000	1,100
水銀濃度 0.1~1% の廃棄物	51,000	300
水銀濃度 0.1% 未満の廃棄物	500,000,000	---

環境保護の観点から水銀の地下保管は最適であるが、地下施設の建設が必要となり、保管コストが地上保管より 15 倍以上もかかるとスウェーデンの EPA が推計している (純粋水銀 1 トンあたり SEK250,000~650,000 (1 SEK=15.4 円))。さらに、保管の前に実施される安定化等の前処理費用は 1 キロあたり 10~20SEK が必要となる。スウェーデンにある水銀濃度 1% 以上の廃棄物 (15,000 トン) 以上の廃棄物の前処理費用は、保管施設の建設コストと同等以上かかると推計される。つまり、水銀を含む全ての廃棄物の地下保管を行うことは非常にコストがかかると推定される。

スウェーデン EPA の Environmental Code においてビジネスや商業に対する各活動においては環境の観点から BAT の適用が基本とされている。そのため環境対策の選定を行う際、費用効果分析を行った上で判断が行われる。つまり、環境ベネフィットとコストの比較が重要とされている。そのため、水銀を含む廃棄物の保管を考える際にも環境ベネフィットとコストによる評価を行うことが必要となる。

スウェーデン EPA の推計によると、スウェーデンにおける水銀の 60% 以上が水銀濃度 1% 以上の廃棄物に含まれており、さら水銀濃度 0.1% 以上の廃棄物まで集計してみると全体の 75% がカバーされることとなる。水銀濃度 0.1% 以上の廃棄物が全体の 75% の水銀をカバーしており、保管対象の廃棄物量は約 65,000 トンとなる。

水銀濃度が 0.1% 未満の廃棄物は様々な種類の廃棄物に含まれており、その量が億トン単位に達する計算となる。このグループの廃棄物の地下保管はコストが非常に高い割に、そのベネフィットは比較的小さいという結果となる。

水銀濃度 0.1% 以上の廃棄物が含水銀廃棄物のうち有害性が高いこと (濃度が高いため)、スウェーデンにおける水銀の 75% 以上をカバーしていることからコストの観点からも合理的でありことから、地下保管施設に保管される廃棄物の水銀濃度のカットオフ濃度としてスウェーデン EPA によって選定されている。

参考資料

A Safe Mercury Repository : A translation of the Official Report SOU 2001:58(English translation of the Swedish Government Official Report 2001:58 produced by the Swedish Environmental Protection Agency)

5. 2 埋立処分場への受入基準

中間処理を行った後の処分場への受入基準について、我が国を含め、先進国の事例を以下に整理する。

表 先進諸国における水銀に関する処分場への受入基準

国名	受入基準（水銀濃度）	根拠等
日本	<ul style="list-style-type: none"> 管理型：0.005mg/L 以下 遮断型：0.005mg/L 超 分析方法：環境庁告示第 13 号	廃棄物処理法
米国	<ul style="list-style-type: none"> 回収残さ：0.2mg/L 以下 低水銀廃棄物：0.025mg/L 分析方法：TCLP	Land Disposal Restrictions
カナダ（オンタリオ州）	<ul style="list-style-type: none"> 一般廃棄物処分場：0.1mg/L 以下 分析方法：TCLP	Ontario Regulation 347 (General - Waste Management)
EU	有害廃棄物処分場： 0.5mg/kg-dry mass(L/S=2L/kg) 2mg/kg-dry mass(L/S=10L/kg) 分析方法：EN12457/1-4 <hr/> 0.3mg/L(Percolating test) 分析方法：prEN14405	Directive 1999/31/EC on the landfill of waste
ドイツ	<ul style="list-style-type: none"> 不活性廃棄物処分場（クラス I）：0.005mg/L 以下 非有害廃棄物処分場（クラス II）：0.02mg/L 以下 非有害及び有害廃棄物処分場（クラス III）：0.2mg/L 以下 分析方法：DIN38414-S4	Ordinance Simplifying Landfill Law of 27 April 2009
フィンランド	<ul style="list-style-type: none"> 産業廃棄物処分の区域内（industrial waste deposit area）：廃棄物の水銀含有量<40ppm 特別/有害廃棄物処分の区域内（special/hazardous waste deposit area）：廃棄物の水銀含有量>40ppm 特別の許可がある場合は、特定の種類の水銀廃棄物は有害廃棄物埋立地で受入可能。	具体的な分析方法は不明だが、EU の水銀戦略見直しの報告書 ³⁸ の情報による。

5. 3 その他の埋立に関する規制

特定の水銀廃棄物の埋立処分を禁止するなど、受入基準以外の規制を設けている他国の事例を以下に整理する。

表 他国における水銀廃棄物の埋立に関する規制（受入基準以外）

国名	規制内容	根拠等
オランダ	<ul style="list-style-type: none"> 水銀を含む計測機器や制御装置（例：温度計）及び分別回収された電池の埋立処分は禁止。その他の水銀廃棄物や副産物の埋立処分も禁止。 地下深部での保管を目的とする輸出は、水銀廃棄物の発生を防ぐため、あるいは当該廃棄物の処理を行うためのあらゆる努力を尽くした場合のみ許可される。 	<p>具体的な法令名は不明だが、EUの水銀戦略見直しの報告書³⁸の情報による。</p>
スウェーデン	<ul style="list-style-type: none"> 重量の0.1%超の水銀を含む廃棄物で恒久的な埋立処分場がないものは、遅くとも2015年1月1日までに岩盤中の最終保管施設に収められなければならない。2015年1月1日より前に岩盤中の最終保管を妨げるような方法で水銀廃棄物を処分することは認められない。 保管される場所は、岩塩坑と地下の岩盤中のどちらでも良い（どちらも要求事項を満たす）。 スウェーデン環境保護庁は、例外的な理由がある場合、対象となる廃棄物の量が微量でありこのような処分方法が適切でない場合は、2010年まで、岩盤中の保管からの適用除外を個別に認めることができる。 2005年7月5日から、スウェーデン国内において水銀廃棄物の地下深部における費用効果的な処分施設の建設可能性について検討を行ってきた。その結果、国内において安全な処分施設を建設することは可能だが、国内の有害廃棄物市場の規模が小さいため、ドイツにおける既存施設での処分に比べると費用が約15倍になることがわかった。検討結果は、ドイツの岩塩坑は深部岩盤中における保管の安全要件を満たす、またノルウェーにおける処分も安全要件を満たすと結論づけている。 	<p>Ordinance regarding mercury in waste (SFS 2001:1063) (2001年) (2005年8月1日施行)</p> <p>スウェーデン政府ウェブサイト⁴¹</p>

⁴¹ <http://www.government.se/sb/d/2969/a/147150>

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

水銀添加廃製品についての回収・リサイクルに関する情報、EUの水銀戦略の見直しにおける課題と可能性のある今後の取組についての情報を整理した。

6. 1 水銀添加廃製品（電池、水銀含有ランプ、使用済み自動車の構成部品としての水銀添加製品、電気電子機器類に組み込まれているスイッチ・リレー）への現在の対応

製品	国・地域	対応状況
電池	EU	<p>電池指令⁴²（2006/66/EC）において、水銀含有量が 0.0005（wt%）を超える電池類及び蓄電池類は、EU 市場への上市が禁止されている（一部適用除外あり⁴³）。また、廃電池類の回収・処理・処分について、以下のように規定されている。</p> <p>【回収】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 加盟国は、回収拠点の設置等によって、廃電池類の適切な回収スキームを提供すること（8条1項） <p>【適正処理及びリサイクル】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 廃電池類の処理に当たっては、最低限、液体と酸を除去すること（附属書Ⅲ） ● 廃電池類の処理や保管（暫定保管を含む）は、不浸透性の床面と、防水性の覆い又は適切なコンテナを有する施設で行うこと（附属書Ⅲ） ● 加盟国は、2009年9月26日までに以下の事項を保証すること（12条1項） <ul style="list-style-type: none"> (a) 製造者或いは第三者機関によって、BATを用いた廃電池類の適正処理及びリサイクルの仕組みが作られること (b) 本指令8条或いは WEEE 指令（2012/19/EU）で規定される回収スキームに従って回収されたすべての廃電池類について、最低限、廃棄物指令（2008/98/EC）に沿った処理及びリサイクルを行うこと ● 電池或いは蓄電池が電気電子機器（以下、EEE）に入れ込まれた形で回収された場合には、電池或いは蓄電池を EEE から取り外して処理すること（12条3項）

⁴² Directive on batteries and accumulators and waste batteries and accumulators, 指令本文（2008年12月5日時点）：<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2006L0066:20081205:EN:PDF>

⁴³ 適用除外項目は以下のとおり（電池指令2条、4条）

電池の種類	電池指令の適用除外項目
全ての電池及び蓄電池	軍事利用目的で製造されるもの
	宇宙空間に送り出す目的で製造されるもの
ボタン電池	水銀含有量が 2（wt%）以下のもの *ボタン電池に関する本適用除外については、欧州議会及び理事会の非公式決定において、廃止されることが合意された。2015年1月1日以降、水銀含有量が 0.005%を超えるボタン電池は、EU 市場に上市できなくなる（下記 URL 参照） http://www.eeb.org/index.cfm/news-events/news/one-step-closer-to-toxic-free-batteries/
	非常灯などの非常用機器、非常警報システム等に使用されるもの
蓄電池及び充電電池	医療用機器に使用されるもの
	コードレス電動工具に使用されるもの（2015年12月31日まで）

製品	国・地域	対応状況
		<p>【処分】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 加盟国は、適切な処理を行うことのできる事業者がない場合や、詳細なアセスメントの結果としてリサイクルを行うよりも環境上適正であると判断された場合、カドミウム、水銀、鉛を含む蓄電池或いは充電電池を埋立処分或いは地下貯蔵処分することができる（12条1項） ● 産業用及び自動車用の電池類や蓄電池類は、埋立処分・焼却処分してはならない。ただし、12条1項で規定される適正処理及びリサイクルの手順を経た電池類及び蓄電池類に関しては、埋立処分・焼却処分してもよい（14条）
水銀含有ランプ	EU	<p>水銀含有ランプ類（直管型蛍光ランプ、コンパクト型蛍光ランプ、HID ランプ）については、WEEE 指令（2012/19/EU）において以下のように規定されている。</p> <p>【回収】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 加盟国は、廃電気電子機器（以下、WEEE）、特に水銀を含む蛍光ランプの分別回収率を向上させるために、適切な取り組みを行うこと（5条1項） ● 家庭から排出される WEEE について、製造者は独自の回収システムを運用してもよいが、消費者に追加費用の負担を求めてはならない（5条2項） ● 加盟国は、2016年以降、各製品の回収率 45（wt%）を達成すること（回収率の分母は、過去3年間に渡って自国内に上市された製品の平均重量とする）。また、2019年以降、各製品につき回収率 65（wt%）を達成すること（ただし、自国内の当該年における WEEE 発生量を分母とした回収率 85%という数値目標を用いてもよい）（7条1項） <p>【処理】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 加盟国は、分別回収された全ての WEEE に適切な処理が施されることを保証すること（8条1項） ● 加盟国は、製造者又は第三者機関によって、WEEE のリカバリー（再生）について、BAT を用いた適切なシステムが構築されることを保証すること（8条3項） ● 上記の処理システムは、最低限、以下の処理を含むこと（附属書VII、水銀関連部分抜粋） <ul style="list-style-type: none"> ➢ 回収した WEEE に組み込まれているバックライト類は、WEEE から取り出して回収すること ➢ ガス放電ランプからは水銀を取り除くこと <p>【附属書V（リカバリーにおいて最低限求められる要求事項）】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 加盟国は、下記に示す各期間において、最低限規定されるリカバリー率及びリサイクル率⁴⁴を達成すること（附属書Vパート1） <p>表1：附属書Vに規定される最低リカバリー率及びリサイクル率</p>

⁴⁴ それぞれの割合は、各製品について、リカバリー／リサイクルされた廃製品の重量を、分別回収された廃製品の重量で割って計算する。

製品	国・地域	対応状況		
			2012年8月13日～ 2015年8月14日	2015年8月15日～ 2018年8月14日
		照明器具 ⁴⁵	リカバリー率 70% リサイクル率 50%	リカバリー率 75% リサイクル率 55%
		ガス放電ランプ	リサイクル率 80%	リサイクル率 80%
		<p>ランプ類のリサイクル率は2018年8月15日以降80%とされている。</p> <p>【処分】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 加盟国は、本指令8条で規定される適切な処理を施す前のWEEEを処分してはならない（6条1項） 		
	台湾	<p>廃棄物清理工法の1997年改正において、「資源リサイクル管理基金」を創設。同時に市民、地方政府、回収業者、基金の4者が協力してリサイクルを進める「四合一計画」の推進を開始。2002年に使用済み蛍光灯も対象となった。</p> <p>【回収】</p> <p>四合一計画における各主体の役割は以下である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 地域住民：ごみ収集所において、リサイクル可能なごみ、不可能なごみ、有機物のごみに分別されているようにする。 ● リサイクル・回収企業：家庭、コミュニティ、小売業者、都市ごみ収集チームからリサイクル可能なごみを買取りリサイクルする。 ● 地方自治体（都市ごみ収集チーム）：コミュニティからリサイクル可能物品を分別・回収する公共サービスを提供する。回収した資源を回収・リサイクル業者に売却し、収入の一部を地方の回収所の財政に用いる。 ● リサイクル基金：メーカーと輸入業者から基金を得る。リサイクル基金管理委員会は、この基金を用いて廃棄物清理工法の下でリサイクルプログラムを実施する。 <p>四合一計画における財政面でのポイントは以下に大別される。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 手数料再検討委員会：産業、商業、環境保護、消費者保護、学術・専門家、政府機関の代表者から構成し、回収・除去・処分に係る手数料、規制対象品目やそれらの包装容器のリサイクル・除去・処分に係る補助金について計算、決定、議論を行う。 ● 手数料：廃棄物清理工法16条に基づき、環境保護署は製造企業に対しリサイクル・除去・処分に係る手数料を徴収する。この手数料が資源リサイクル管理基金の収入となり、リサイクルが促進される。 ● 補助金：廃棄物清理工法17条に基づき、資源リサイクル基金はリサイクル・除去・ 		

⁴⁵ 照明器具とは以下のようなものを指す：蛍光灯用の照明装置（ただし家庭用のものを除く）、直管型蛍光灯ランプ、コンパクト型蛍光灯ランプ、HIDランプ（高圧ナトリウムランプ、ハロゲンランプを含む）、低圧ナトリウムランプ、その他の照明又は光を拡散・制御するための器具（ただしフィラメント電球を除く）

製品	国・地域	対応状況												
		<p>処分に係る補助金の支払いに用いることができる。また、18条ではリサイクル・処分を行う企業が資源リサイクル基金に申請できることが定められている。補助金の額は蛍光灯と水銀のリサイクル率に応じて支払われるが、リサイクル率が低い場合は支払われない。</p> <p>蛍光灯回収スキームは以下のとおりである。</p> <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> <p>———> 製品の流れ - - - -> お金の流れ</p> <p>【処理】</p> <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。 ● 資源回収管理基金からリサイクル業者に回収リサイクル補助金が以下の条件で支払われることになっているが、条件を満たさない場合は補助金対象外。 <table border="1" data-bbox="488 1420 1426 1572"> <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 **製品リサイクル率 60%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												
使用済み自動車の構成部品	EU	ELV 指令において、自動車の材料及び構成部品への水銀の使用が禁止されている（一部適用除外あり ⁴⁶ ）。また、使用済み自動車及びその構成部品の処理・処分について、以下のように規定されている（水銀関連部分抜粋）												

⁴⁶ ELV 指令の適用除外項目は以下のとおり：自動車の材料及び構成部品のうち均質材料中の水銀濃度が 0.1 (wt%) 以下のもの、2003 年 6 月 30 日以前に上市された自動車の部品の再使用品、2003 年 6 月 30 日までに上市された自動車に用いられる 2003 年 7 月 1 日以降に上市された交換部品、2012 年 6 月 30 日までに認可された自動車とその交換部品に用いられるヘッドライト用放電ランプ及び計器表示板用の蛍光ランプ

製品	国・地域	対応状況
<p>としての水銀添加製品</p>		<p>【回収】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 加盟国は、使用済み自動車及び自動車修理時に発生する廃棄部品の適切な回収システムが事業者によって構築されること、また適切な回収施設が自国内で確保されることを保証すること（6条1項） ● 加盟国は、使用済み自動車が認可された処理施設に適切に運搬されることを保証すること（5条2項） <p>【処理】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 加盟国は、全ての使用済み自動車が、廃棄物指令（75/442/EEC）に準拠して保管（暫定保管を含む）或いは処理されることを保証すること（6条2項） ● 加盟国は、使用済み自動車の処理が監査当局の認可のもとで行われることを保証すること。認可にあたっては、以下の評価項目について考慮すること（6条2項） <ul style="list-style-type: none"> ➢ 処理される廃棄物の種類及び量 ➢ 処理にあたって求められる技術的事項 ➢ 安全を確保するために必要な予防策 ● 加盟国は、使用済み自動車の処理が最低限以下に示す責務に準拠し、附属書 I に基づいて行われることを保証するために、必要な措置をとること（6条3項） <ul style="list-style-type: none"> ➢ 使用済み自動車は、環境への負の影響を防止するために、処理する前に必ず分解すること ➢ 有害な材料及び構成部品は分別し、使用済み自動車の粉砕廃棄物が有害物質で汚染されないようにすること <p>【附属書 I（処理において最低限求められる技術的要求事項）】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 処理前保管（暫定保管含む）に用いられる敷地に関する要求事項 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 不浸透性の床面を有していること 2. 処理に用いられる敷地に関する要求事項 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 不浸透性の床面を有していること ➢ 分解された構成部品の保管が可能であること ➢ 電池（電解液の中和が必要なもの）の適切な保管ができるコンテナがあること 3. 使用済み自動車の汚染浄化のための処理に関する要求事項 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 電池を取り除くこと ➢ 水銀を含む全ての部品を取り除くこと（スイッチ・リレー、照明類）
<p>電気電子機器類に含まれるスイッチ・リレー</p>	<p>EU</p>	<p>電気電子機器類に組み込まれている水銀を含むスイッチ・リレーについては、WEEE 指令（2012/19/EU）附属書 II において、電気電子機器回収時に適切に分別回収することが規定されている。</p>

6. 2. EUにおける水銀廃棄物に関する今後の取組動向

2010年10月に公表されたEU水銀戦略の見直しに関する報告書の中で、水銀廃棄物の環境上適正な管理の分野における課題と可能性のある今後の取組を以下のように整理している。

課題	可能性のある今後の取組
<p><水銀含有廃棄物全般の運命></p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ EU内における水銀含有廃棄物の終末については、種類や量、特に回収量やリサイクル量に関する情報が不明である。輸入廃棄物の一時的な倉庫保管により越境移動についても流れを把握しづらい。 ▶ 限られた情報によると、EU内での回収率は非常に低く、数カ国が50%を超える程度である。大部分の水銀含有廃棄物は分別収集されず、一般廃棄物として処理されている。 ▶ 条約の第1回政府間交渉委員会(INC)では、多くの国が汚染者支払原則を、技術提供者レベルで検討する可能性を示唆した。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 廃棄物中の水銀に対する意識と技術的洞察、及び安全な収集と処理の必要性を高める。 ▶ 歯科用アマルガム、ボタン電池、電気・電子機器部品の収集、分別スキームとその手法を改善する。 ▶ 水銀廃棄物の収集・取扱い・処理に関わる全ての段階における法の執行、報告義務、規制を強化する。 ▶ WEEE指令に沿った、義務と目標を明確にした、製造業者／輸入者の製品のライフサイクルに関する責任の幅広い適用を進める。水銀含有製品の収集及び処理のコストを製品価格に反映させ、水銀フリー製品の市場拡大を図る。 ▶ EU全体で水銀含有廃棄物の収集、リサイクル／安全な処分を推進するための作業部会を設置する。 ▶ 水銀添加製品の輸出者に、使用済製品の引き取り義務を課す。市場の影響に差が出ないよう、このような対策については世界レベルで取り決めを行う必要がある。
<p><社会に既に流通している水銀の運命></p> <p>もはや使用していない水銀含有製品、又は水銀フリーの代替品がある製品は、廃棄物としてみなされず退蔵されている場合が多い。また廃棄の際は、家庭ごみとして廃棄されてしまう。家庭ごみへの水銀の混入を効果的に防ぐためには、水銀含有製品が廃棄物になる前に収集することである。</p> <p>オーストリアでは水銀を含有する体温計を、割安な価格で電子式の製品と交換する活動を行い大きな成果をあげており、同様の活動が廃棄物の水銀汚染を効果的に削減するであろう。</p>	<p>水銀添加廃製品を積極的に収集し、安全にリサイクル又は処分するための国レベル（政府又は民間主導）の活動を促進させる。</p>
<p><歯科用アマルガム廃棄物></p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 歯科用アマルガム廃棄物の処理に関する調 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 歯科医院における、高効率のアマルガムセパレ

課題	可能性のある今後の取組
<p>査によると、有害廃棄物規制の遵守が徹底されていないことが示された。</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 歯科医院における高効率のアマルガムセパレーター導入の義務付け、立入検査、フィルター交換、廃棄物処分の書類作成を盛り込んだ政策オプションの影響評価が行われ、このような措置は年間 21 トンの水への水銀排出を回避し、費用対効果が高いことが分かった。 ▶ さらに、現在の EU 規制においては、ある条件下では歯科用アマルガム廃棄物の埋立を許可できるが、この種の廃棄物の埋立は適切でないと考えられる。 	<p>ーター導入の義務付け、可能であれば立入検査の義務付け、メンテナンス、証拠書類の作成。セパレーター導入の目標を 95% に設定。短期的には加盟国に、歯科用アマルガム廃棄物に対する要件を再認識させ、有害廃棄物規制を遵守するための計画の予定表を提出することを要求すべき。</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 地下廃棄物保管施設を除いて、歯科用アマルガム廃棄物を埋立できないように、埋立処分場の受入基準(理事会決定 2003/33/EC)を改正する。
<p><水銀含有廃棄物の環境上適正な処分></p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 水銀は、他の重金属と異なり、浸出だけではなく揮発もするため、浸出限度値だけで規制するのは不十分である。硫化水銀の水銀溶出濃度は 0.00002mg/L であり、このままで全ての埋立処分場に処分可能であるが、土壌中では微生物による又は化学的な変化を遂げる。廃金属水銀も水銀溶出濃度は 0.06mg/L であり、有害廃棄物処分場に処分可能となっている。 ▶ いくつかの加盟国では、水銀廃棄物を埋立処分する場合の水銀含有量の限度値を定めている。限度値を超える水銀含有廃棄物は、処理され、地下廃棄物保管施設に処分されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 廃棄物中の水銀含有量の限度値を規定する。 ▶ 含有量が多い場合には、金属水銀の化学的安定化後に、地下埋立処分場に処分しなければならない。水銀を含有する電池もこれに含まれる。 ▶ EU レベルでの要件は、廃棄物地下保管施設について現在作成中の要件と一致しなければならない。(廃金属水銀に対する要件と比べて、水銀含有廃棄物に対するものの方が高くないようにする)