

経済産業省製造産業局
化学物質管理課委託調査

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

神鋼リサーチ株式会社

目 次

第1章 調査の概要	1
1.1 調査目的	1
1.2 調査方法	1
第2章 産業別の水銀マテリアルフロー	3
2.1 石油精製	3
2.2 石油燃焼	6
2.3 石炭燃焼	8
2.4 非鉄金属製錬	11
2.5 鉄鋼	13
2.6 セメント製造	16
2.7 まとめ	18
第3章 エssenシャルユースの特定	19
3.1 ボタン形電池	19
3.2 乾電池	25
3.3 時計	26
3.4 計測機器	29
3.5 基準器	34
3.6 分析機器	36
3.7 医療用計測器・医療機器	38
3.8 電気スイッチ及びリレー	44
3.9 電球類	46
3.10 医療用材料	55
3.11 無機薬品	57
3.12 灯台用回転灯器（水銀槽式回転装置）	60
3.13 まとめ	61
第4章 世界における水銀の需給と排出	71
4.1 水銀の供給源	71
4.2 水銀の需要	72
4.3 水銀の排出	73
第5章 水銀の需給動向と規制による影響	77
5.1 水銀の需給動向	77
5.2 アジアにおける水銀の需給動向	78
5.3 水銀規制による影響（現時点での想定）	81

第1章 調査の概要

1.1 調査目的

水銀、鉛、カドミニウムといった有害金属については、地球規模の汚染の懸念から、国際連合環境計画（UNEP）において、国際的な取組みについて議論がなされてきた。

特に、水銀については、2002年（平成14年）12月の世界水銀アセスメントで、水銀汚染に対応するための地球規模の行動が必要であると提言され、2003年（平成15年）から「UNEP水銀プログラム」が開始された。2009年（平成21年）2月のUNEP第25回管理理事会において、水銀に関する世界的な法的枠組みを準備する政府間交渉会議を2010年から開始することに合意し、2013年の第27回UNEP管理理事会に作業結果を報告する予定となっている。

我が国としても、こういった国際的な枠組み作りに対し、我が国におけるこれまでの経験を活かして、積極的に貢献していくことが必要であり、また、このような国際交渉において、我が国における水銀の取扱いに係る実態が正しく反映されるように、適切な主張を行っていくことが必要である。

そこで本調査では、水銀規制の条約策定に向けた作業部会および政府間交渉会議へ我が国の実情を反映させるための前提として、我が国における水銀の取扱い状況を調査し、製造プロセス等からの水銀の回収や水銀を含有する製品のリサイクルといった水銀の供給と水銀を使用した製品における需要に焦点をあてた水銀マテリアルフローを明らかにすると共に、海外の動向等について整理することを目的とした。

1.2 調査方法

これまでは、我が国における水銀の回収・使用・リサイクル・輸出入の実態・動向及び水銀を巡る規制動向等に関して収集した文献情報、及びヒアリング情報等から、製品需給に焦点を当てた水銀マテリアルフロー等を作成している。

本調査は、このような情報を補うために、いくつかの製造プロセス中の水銀含有量に関する実測可能性を調べ、可能なものの中で優先順位をつけて測定を行えるかを検討した。さらに、水銀添加製品に関する情報を整理した。

一方、水銀添加製品のうち、水銀以外の物質に代替することが困難な用途（エッセンシャルユース）を特定し、その需給状況等についても整理した。

さらに、海外における水銀の排出・使用実態についても調査した。

以下に具体的にその実施方法について記した。

（1）マテリアルフローの再検討に関する項目

- ①石油燃焼、石炭火力、非鉄金属精錬、鉄鋼精錬、セメント製造、石油精製等のプロセスにおける原材料中／製品中／廃棄物中の水銀含有量について、文献情報やヒアリング情報では把握できなかった点について、実測の可能性を整理した。測定可能なものの中で測定すべき優先順位をつけて測定が行えるかを検討した。

②測定結果を踏まえて水銀添加製品に関するマテリアルフローを作成した。

(2) エッセンシャルユースの特定

水銀添加製品（例：ボタン電池、朱肉等）に関し、水銀添加製品の需給状況、製品の用途、代替品の可能性などについて、ヒアリングによる情報収集を行った。

(3) 海外における水銀の排出・使用実態の調査

海外（欧米アジア等）における水銀の排出・使用の実態について、文献・インターネット等により情報収集を行うとともに、2011年1月に千葉市幕張で開催された水銀に関する条約の制定に向けた議論のため会合「水銀に関する条約の制定に向けた政府間交渉委員会第2回会合（INC2）」へ参加し、参加者からも情報収集を行った。関係者へのヒアリングを適宜行って補完した。

(4) 水銀の世界的な需給動向の調査

UNEP 水銀プログラムで作成された資料等をもとに、国際的な水銀の需給動向を把握し整理する。第1回政府間交渉会議(INC1)及び(3)のINC2での資料などから、水銀の法的枠組みに盛り込まれることが予測される規制（製品及び工程中の水銀需要の削減、水銀の国際貿易の削減等）が導入された場合に、世界的な水銀の需給動向がどのように変化するか、また、その変化がもたらす我が国への影響について、想定されるシナリオを作成した。

(5) 報告書の作成

上記(1)～(4)の内容を報告書にとりまとめた。

調査に当たって、取材に協力していただきました関係機関、関係企業に、記して深く感謝申し上げます。

第2章 産業別の水銀マテリアルフロー

本章では、産業別の水銀マテリアルフローに検討に必要な製造プロセスにおける原材料中／製品中／廃棄物中の水銀含有量について、文献情報やヒアリング情報では把握できない点について、実測の可能性を整理した。

本調査では、石油精製・石油燃焼、石炭火力、非鉄金属製錬、鉄鋼、セメント製造の5つの産業を選択し、各プロセスで使用される原料・燃料及び発生する副産品、廃棄物、及び製品中の水銀濃度について実測の可能性を検討し、整理することとした。

以下に、産業別に結果を示す。

2.1 石油精製

1) 水銀マテリアルフローの検討に必要な情報

原油からは、複雑な精製工程を経て、図 2.1.1 に示すようにガソリン、ナフサ、ジェット燃料、灯油、軽油、重油(A,B,C)、潤滑油、パラフィン、アスファルト、LPG、オイルコークス、石油ガスなどの各種製品が得られる。

表 2.1.1 は、既存の文献に記載されている原油及び各種石油製品中の水銀濃度を示している。しかし、原油をはじめ各種石油製品中の水銀含有量に関しては、文献そのものが古く、原典が明らかでないところもある。

表 2.1.1 原油及び石油製品中の水銀濃度

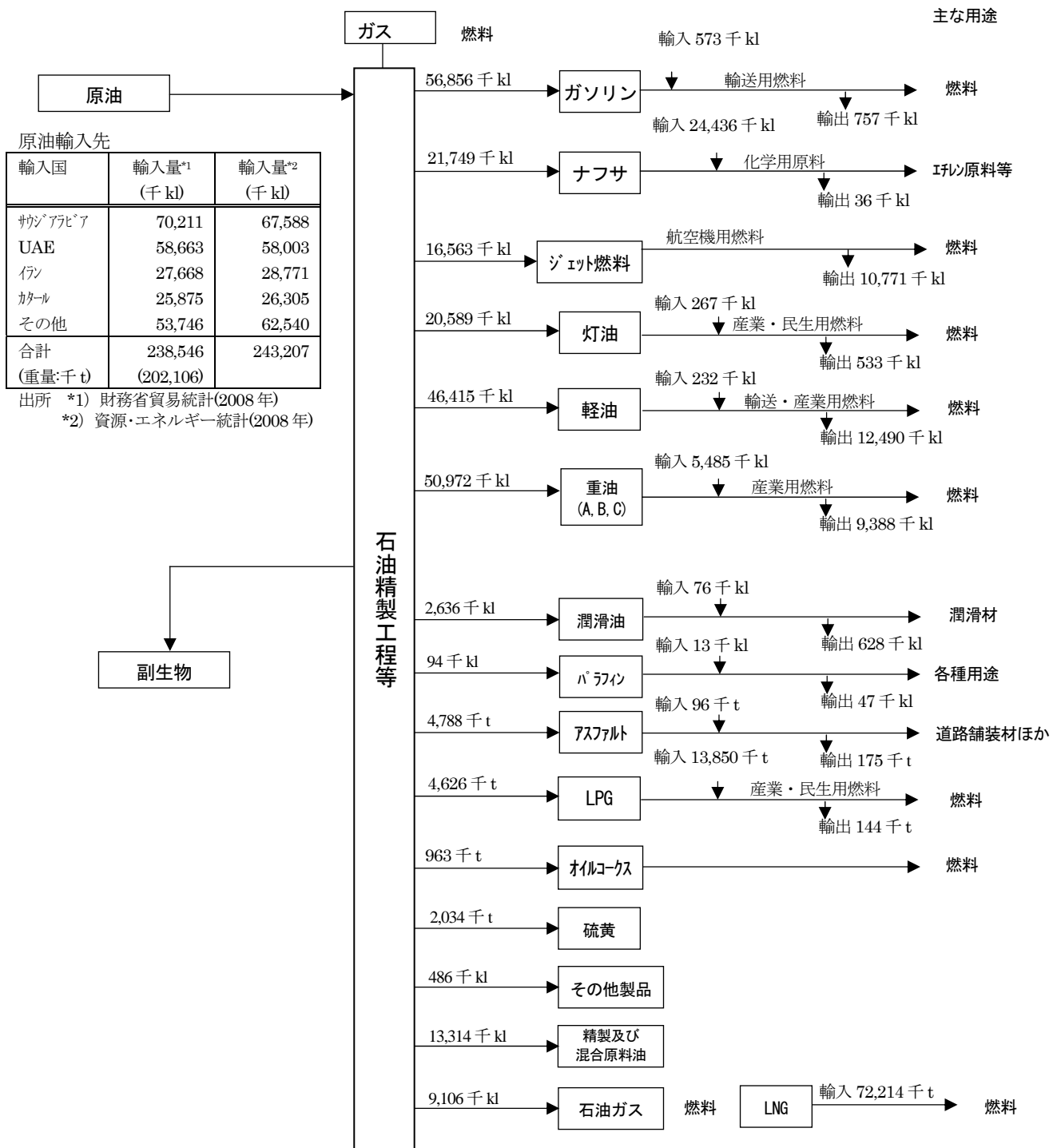
製品	水銀濃度	備考
原油	0.026 mg/kg ¹⁾	文献 2)のデータ (スマトラライト 0.014、カフジ 0.044) と文献 3)のデータ (原油 0.020) を単純平均したものと考えられる。
ナフサ	0.014 mg/kg ¹⁾	原典記載なし
ガソリン	0.0038 mg/kg ¹⁾	原典記載なし
灯油	0.015 mg/kg ¹⁾	文献 2)中にあるデータ(市販灯油 0.011)と文献 3)中にある灯油 0.019 を単純平均したものと考えられる。
軽油	0.014 mg/kg ¹⁾	2)中のデータ (市販軽油 0.014ppm) を引用したもの。
重油		・文献 2)中のデータ：市販重油 0.020、市販 B 重油 0.031、ミナス C 重油 0.0085、C 重油間接脱硫油 0.027、C 重油ストレート残渣油 0.036、C 重油混合重油 0.015、0.046 ・文献 3)中のデータ：A 重油 0.064、LSA 重油 0.022、B 重油 0.216、LSB 重油 0.075、C 重油 0.030、LSC 重油 0.026、ミナス重油 0.027、混合重油 0.038、(不明) 重油 0.020
LPG	0.014 mg/Nm ³ ¹⁾	原典記載なし
LNG	0.0005 mg/ Nm ³ ¹⁾	
LPG	プロパン：0.009mg/Nm ³ 以下 ⁴⁾ ブタン：0.08mg/Nm ³ 以下 ⁴⁾	参考値：腐食防止の観点からの業界の指針値

1)環境省平成 20 年度第 1 回有害金属対策基礎調査検討会資料 4.1 わが国における 2005 年水銀排出量の推定結果 p3

2)藤井正美：気圏における水銀,日本公衆衛生学会雑誌, p.501-508, No.9,Vol.23 (1976)

3)内藤季和,飯豊修司, 固定発生源から輩出される金属の環境への寄与(I)ー市原・袖ヶ浦地域について,千葉県公害研究所報告,p.137-143, Vol.12 (1980)

4)日本 LP ガス協会ガイドライン



出典：経済産業省生産動態統計(資源・エネルギー統計)を基に
神鋼リサーチ作成

図 2.1.1 石油製品のマテリアルフロー(2008年)

2) 実測可能性の検討

水銀フローの把握では(原材料/製品/副生物の量) × (個々の水銀濃度) が基本であり、水銀濃度の把握が不可欠である。そこで、実測可能性を検討する対象物は、表 2.1.2 のとおりとした。

表 2.1.2 水銀含有量の実測可能性の検討対象

	対象	検討対象とする主な理由
原材料	原油	既存報告書のデータが 1976 年のものである。
製品	ナフサ、ガソリン、ジェット燃料	既存報告書のデータの根拠が不明確である。
	潤滑油	水銀含有量が把握されていない。
	アスファルト	水銀含有量が把握されていない。
	LPG	既存報告書のデータの根拠が不明確である。
副生物	オイルコークス	水銀含有量が把握されていない。
	排ガス	水銀含有量が把握されていない。
	副生物	水銀含有量が把握されていない。

実測可能性の検討に当たっては、実測技術の観点に加えて、分析サンプルの代表性（入手可能な分析サンプルが該当分野の代表的なサンプルといえるか）の観点から検討した。

検討した結果、以下の理由から、短時間でマテリアルフローの評価に資する実測データを得ることは困難であると判断した。

同一業種であっても、原油の産油地域等による品質の違い及び各社の装置構成が異なることから、まずどの様にして代表値を得るかの検討が必要なこと。

しかしながら、2011年1月の「水銀に関する条約の制定に向けた政府間交渉委員会第2回会合（INC2）」の Technical Briefing Presentation の水銀保管と廃棄物の分野において、“インドネシアにおける石油・ガス操業からの水銀含有廃棄物の管理”と題する発表があった他、INC2 本会合における大気排出削減の要素案の議論においても、石油・ガスセクターを対象とする意見があり、反対意見もあったものの、最終的には次回 INC3 までに事務局が石油・ガスセクターからの排出に関する情報を準備することとなった。インドネシアの発表資料に基づけば石油・ガスセクターとは油田・ガス田における生産施設を指すものと思われるが、今後も INC の状況を注視していくことが重要と思われる。

2.2 石油燃焼

1) 水銀マテリアルフローの検討に必要な情報

石油燃焼においては、特に図 2.2.1 に示した石油火力発電においては、重油、原油等を用いたボイラーからの発生する副生物である脱硫石膏、集じんダストの発生量、水銀含有量が把握されていない。

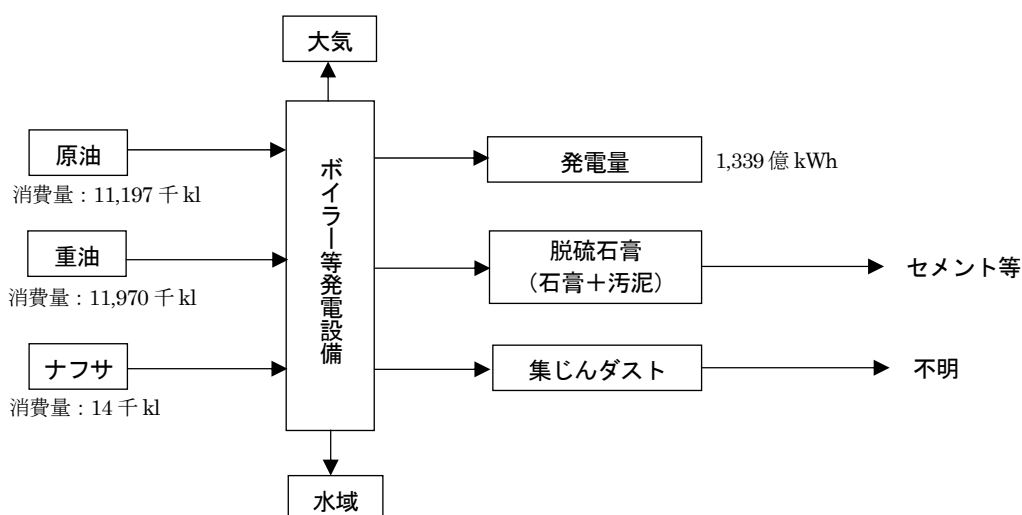


図 2.2.1 石油火力発電におけるフロー

一方、表 2.2.1 は、既存の文献に記載されている燃料である重油、原油、ナフサ中の水銀濃度を示している。しかし、水銀含有量に関しては、文献そのものが古く、原典が明らかでないところもある。

表 2.2.1 燃料中の水銀濃度

燃料	水銀濃度	備考
原油	0.026 mg/kg ¹⁾	文献 2)のデータ (スマトラライト 0.014、カフジ 0.044) と文献 3)のデータ (原油 0.020) を単純平均したものと考えられる。
重油		<ul style="list-style-type: none"> 文献 2)中のデータ：市販重油 0.020、市販 B 重油 0.031、ミナス C 重油 0.0085、C 重油間接脱硫油 0.027、C 重油ストレート残渣油 0.036、C 重油混合重油 0.015、0.046 文献 3)中のデータ：A 重油 0.064、LSA 重油 0.022、B 重油 0.216、LSB 重油 0.075、C 重油 0.030、LSC 重油 0.026、ミナス重油 0.027、混合重油 0.038、(不明) 重油 0.020
ナフサ	0.014 mg/kg ¹⁾	原典記載なし

1)環境省平成 20 年度第 1 回有害金属対策基礎調査検討会資料 4.1 わが国における 2005 年水銀排出量の推定結果 p3

2)藤井正美：気圏における水銀、日本公衆衛生学会雑誌、p.501-508, No.9, Vol.23 (1976)

3)内藤季和、飯豊修司、固定発生源から輩出される金属の環境への寄与(Ⅰ)ー市原・袖ヶ浦地域について、千葉県公害研究所報告、p.137-143, Vol.12 (1980)

2) 実測可能性の検討

水銀フローの把握では(原材料/製品/副生物の量) × (個々の水銀濃度) が基本であり、水銀濃度の把握が不可欠である。そこで、実測可能性を検討する対象物は、表 2.2.2 のとおりとした。

表 2.2.2 水銀含有量の実測可能性の検討対象

	対象	検討対象とする主な理由
燃料	原油	既存報告書のデータが 1976 年のものである。
	ナフサ	既存報告書のデータの根拠が不明確である。
副生物 (石油火力発電)	脱硫石膏	水銀含有量が把握されていない。
	集じんダスト	水銀含有量が把握されていない。

実測可能性の検討に当たっては、実測技術の観点に加えて、分析サンプルの入手可能性（企業の承諾、秘密保持、業界との調整、コンプライアンス等の吟味）、分析サンプルの代表性（入手可能な分析サンプルが該当分野の代表的なサンプルといえるか）に基づく実測の妥当性の観点から検討した。

検討した結果、以下の理由から、マテリアルフローの評価に資する実測データを得ることは困難であると判断した。

同一業種であっても、原油等の産油地域等による品質の違い及び各社のプロセス、操業形態が異なることから、代表値が得られないこと。

しかしながら、本会合における大気排出削減の要素案の議論において、石油・ガスセクターを対象とする意見があり、反対意見もあったものの、最終的には次回 INC3 までに事務局が石油・ガスセクターからの排出に関する情報を準備することとなった。石油・ガスセクターとは油田・ガス田における生産設備を指すものとも思われるが、今後も INC の状況を注視していくことが重要と思われる。

2.3 石炭燃焼

1) 水銀マテリアルフローの検討に必要な情報

石炭燃焼で代表例である石炭火力発電所においては、石炭が投入され、アウトプットとしての排ガスと水域への放出とともに、クリンカ、フライアッシュ、脱硫石膏等の副産品が発生している（図 2.3.1 参照）。

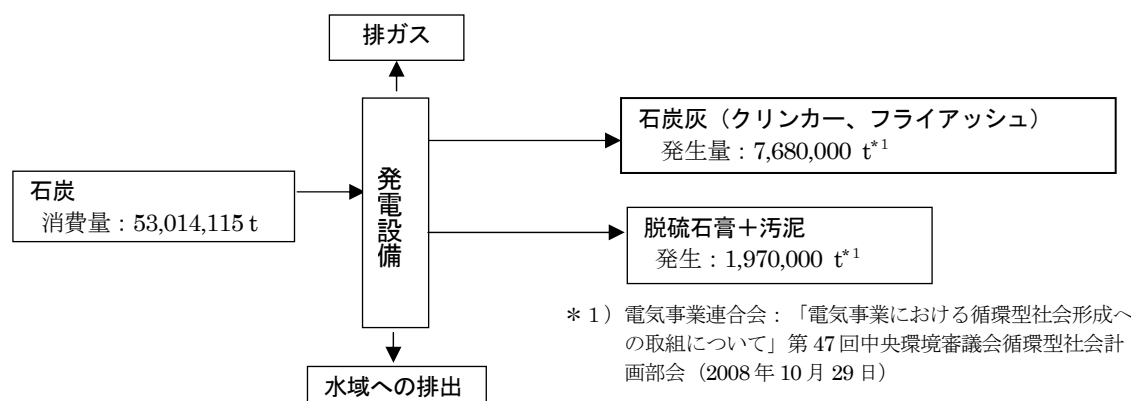


図 2.3.1 石炭火力発電所のマテリアルフロー

このうち石炭中の水銀濃度については、表 2.3.1 に示すものがある。日本で使用している石炭の水銀濃度は、平均で 0.0454 mg/kg である。

表 2.3.1 石炭中の水銀データ (単位：mg/kg-dry base)

日本の石炭中の水銀データ ¹⁾		海外のデータ ²⁾	
平均濃度	データ数	石炭中の典型値	濃度幅
0.0454	181	0.1	0.02～1

1) 財団法人電力中央研究所報告の「石炭火力発電所の微量物質排出実態調査（平成 14 年 11 月）」
13 発電所 21 ユニットで使用された石炭中の水銀データ

2) Clarke, L.B, L.L.Sloss, IEACR/49, IEA Coal Research(1992), Davidson, R.M, L.B.Clarke, IEAPER/21,
IEA Coal Research(1996)より

表 2.3.1 で用いた「石炭火力発電所の微量物質排出実態調査（平成 14 年 11 月）」では、石炭火力発電所の 14 発電所の 22 ユニット、11 発電所の 17 ユニット、9 発電所の 14 ユニットにおける排ガス中のガス状水銀と粒子状水銀の排出原単位が示されている。その原単位を表 2.3.2 に示す。ガス状水銀については 108 個のデータを、粒子状水銀については 66 個のデータを単純平均したものである。

表 2.3.2 石炭火力発電所の水銀の大気への排出

	排出原単位 ¹⁾ (µg/kWh)
ガス	4.36
粒子	0.0707
合計	4.43

1)電力 10 社+電源開発(株)

一方、副生物である石炭灰中の水銀量についてはデータがない。なお、石炭灰は 2 種類に分かれる。ボイラでは、石炭灰の粒子が熔融固化し、ボイラ底部に落下した塊状の多孔質な灰となる。これをクリンカという。また、燃焼ガスとともに浮遊する灰を電気式集じん器で集めた細かな球状の粒子をフライアッシュと呼ぶ。

以上より、本調査では、表 2.3.3 に示す石炭灰、脱硫石膏の実測値がより正確な水銀フローに寄与するものと考えられる。

表 2.3.3 水銀含有量の実測可能性の検討対象

	対象	検討対象とする主な理由
副生物	石炭灰	推計値があるが、実測値がない。
	脱硫石膏	推計値があるが、実測値がない。

2) 実測可能性の検討

実測可能性の検討に当たっては、実測技術の観点に加えて、分析サンプルの入手可能性（企業の承諾、秘密保持、業界との調整、コンプライアンス等の吟味）、分析サンプルの代表性（入手可能な分析サンプルが該当分野の代表的なサンプルといえるか）に基づく実測の妥当性の観点から検討した。

その結果、以下の理由から、マテリアルフローの評価に資する実測データを得ることは困難であると判断した。

- ① 同一業種であっても、石炭の産地による品質の違い及び各社のプロセス、操業形態が異なることから、代表値が得られないこと。
- ② 業界では、独自の調査を既に行っており、新たな水銀に係る分析の必要性がないと判断されたこと。
- ③ ボイラの環境設備の維持管理と公害防止協定等による定期測定の実施に関し、次の点が示されていること。
 - ・ 電力では、ボイラの定期点検に合わせ、1 回/2 年などのサイクルを決めて、電気集じん機、脱硫装置などのメンテナンスを行っている。
 - ・ SOx、NOx、ばいじんの排出濃度については、大気汚染防止法により 2 ヶ月を超えない作業期間ごとに 1 回以上測定することとなっていること、また、公害防止協定等にも同様の項目があり、定期的に測定を行って確認していることから、機能維持されていることも確認可能。
- ④ 省エネ法ベンチマークにおいて非常に高い指標値を実現していること。
 - ・ 省エネ法における電力分野におけるベンチマークは、熱効率標準化指標であり、次の A/B で求められる。
 - A：当該事業で行っている工場における定格出力性能試験における送電端熱効率
 - B：設計定格値における発電端熱効率
 - ・ これによれば、国内の各電力の指標値は 97～100%程度を推移しており、設備維持がかなりハイレベルでされていることが証明可能となっている。

しかしながら、INC2 においては、石炭燃焼が水銀供給源として注目されており、今後ますます実測データの重要性が高まると予想される。今後も実測の可能性を検討し、水銀マテリアルフローの調査を進めることが必要である。

3) 石炭灰の輸出について

INC2 に向けて事務局作成した条約の要素案文書には、石炭灰を水銀廃棄物管理の対象とすることを示唆する事務局のコメントがあった。しかし、石炭火力発電所等から排出されるフライアッシュは、その科学的・物理的性質を活かしてフライアッシュセメントの原料の一つとして利用されているところであり、廃棄物の定義や各国の状況によって異なるものであることに留意しておく必要がある。

我が国からの石炭灰の輸出量については、環境省による廃棄物処理法に基づく輸出確認では、平成 21 年に韓国への約 128 万トンとなっているが、実際に廃棄物処理法に規定する手続を経て輸出された量は、約 78 万トンになっている。

表 2.3.4 実際の輸出量の推移

(単位：t)

対象物	輸出の目的	輸出相手国	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年
石炭灰	セメント製造の粘土代替原料	韓国	624,793	600,686	762,897	784,409
	コンクリート混和	韓国	0	0	3,855	0

出典：環境省報道発表資料

2.4 非鉄金属製錬

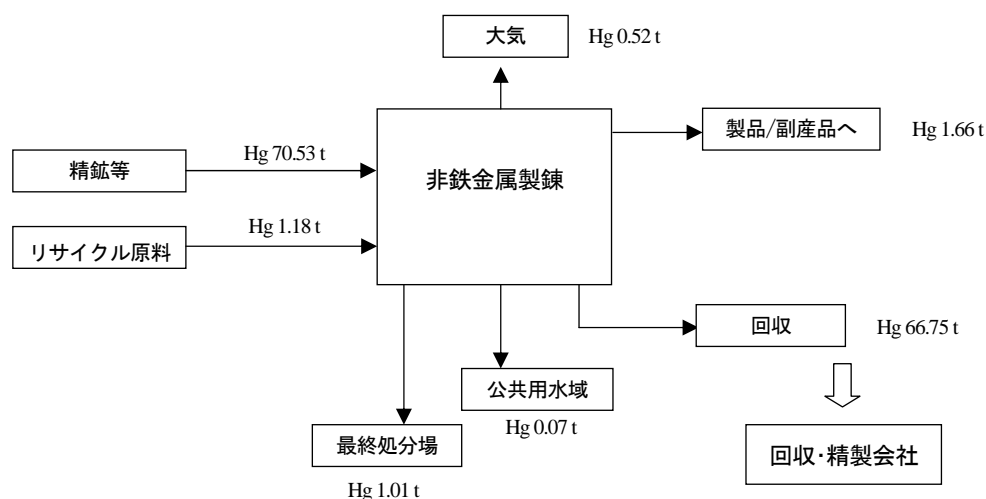
1) 水銀マテリアルフローの検討に必要な情報

日本鉱業協会では、表 2.4.1 のデータを整備し、図 2.4.1 に示すように亜鉛、鉛、銅製錬所における水銀マテリアルフロー図を作成している。その中で水銀のインプットに対するアウトプットの割合が 95.8%と概ねバランスしていることが明らかにされている。しかし、アウトプット中の副産品（石膏など）の内訳、並びにその処理及び利用先が明らかでない。

表 2.4.1 亜鉛、鉛、銅製錬所の水銀に関するインプット、アウトプット一覧（平成 18 年度調査）

	項目	原料等 単位	水銀量 単位	比率	合計		比率	備考
					数量	水銀量		
INPUT	精鉱	t	kg	%	5,895,258	70,133	95.3	
	他製錬所より	t	kg	%	223,683	1,863	2.5	
	他業種より	t	kg	%	794,470	1,179	1.6	
	副資材	t	kg	%	591,574	399	0.5	
	水銀量合計		kg	%		73,574	100.0	
OUTPUT	排ガス	千 Nm3	kg	%		517	0.7	
	排水	千 m3	kg	%	614,822	74	0.1	
	他製錬所へ	t	kg	%	255,395	480	0.7	残さ 地金 石膏など
	製品	t	kg	%	2,205,756	0	0.0	
	副産品	t	kg	%	9,099,428	1,656	2.3	
	水銀回収	t	kg	%	40,851	66,747	94.7	
	最終処分場	t	kg	%	641,873	1,013	1.4	
	水銀量合計		kg	%		70,487	100.0	
捕捉率(%)						95.8		

出典：日本鉱業協会



出典：日本鉱業協会資料より作成

図 2.4.1 非鉄製錬における水銀のフロー（平成 18 年）

産業間における水銀のフローを考慮すると、表 2.4.2 に示す副生物、原材料に関する情報がより正確な水銀フローに寄与するものと考えられる。

表 2.4.2 水銀含有量の実測可能性の検討対象

	対象	検討対象とする主な理由
副生物	内訳	どのようなものがあるのかが不明である。
原材料	他業種からのリサイクル原料	絶対量の推計値があるが、どのような業種からのものかが不明である。

2) 実測可能性の検討

実測可能性の検討に当たっては、実測技術の観点に加えて、分析サンプルの入手可能性（企業の承諾、秘密保持、業界との調整、コンプライアンス等の吟味）、分析サンプルの代表性（入手可能な分析サンプルが当該分野の代表的なサンプルといえるか）に基づく実測の妥当性の観点から検討した。

その結果、以下の理由から、マテリアルフローの評価に資する実測データを得ることは困難であると判断した。

- ① 非鉄金属には、銅、鉛、亜鉛が含まれて鉱種が多く、かつ鉱石（精鉱）の産地、産出鉱山の違いによる品質の違い及び各社のプロセス、操業形態が異なることから、代表値が得られないこと。
- ② 業界では、独自の調査を既に行っており、新たな水銀に係る分析の必要性がないと判断されたこと。

しかしながら、2011年1月のINC2においては、非鉄金属製錬が水銀供給源として注目されていることから、今後、実測データが必要になる可能性がある。

2.5 鉄鋼

1) 水銀マテリアルフローの検討に必要な情報

①鉄鉱石中の水銀濃度

わが国は鉄鉱石を 100%輸入している。鉄鉱石中の水銀濃度に関して、高岡ら^{*1} は石炭 54 サンプルの水銀濃度を測定し、かつ石炭の輸入割合を反映して平均値 29.5 ppb を算出している。

②石炭中の水銀濃度

わが国は鉄鋼業で使用する石炭を 100%輸入している。高岡ら¹は、石炭の輸入割合を反映して水銀の平均濃度を求め、原料炭で 43.0 ppb、PCI 炭で 51.5 ppb を得ている。

③石灰石、石油類、コークス中の水銀濃度

鉄鋼生産工程では、鉄鉱石、石炭以外にも石灰石、石油、コークスを使用している。これらの原材料中の水銀濃度を表 2.5.1 に示す。

表 2.5.1 石灰石、石油類、コークス中の水銀濃度

種類	平均濃度(ppb)	備考
石灰石 ¹	19.9	
原油 ²	26	
コークス ^{2,3}	14.2	
コークス炉ガス ¹	0.26~4.5($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	3 施設のデータ
高炉ガス ¹	0.20~8.85($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	3 施設のデータ

出典：1) 高岡、大下：鉄鋼業における水銀排出挙動 (財) 鉄鋼業環境保全技術開発基金助成研究報告書 (06・07 大気-164)

2) 貴田、平井、酒井、守富、高岡、安田：平成 18 年度廃棄物処理等科学研究費研究報告書 循環廃棄過程を含めた水銀の排出インベントリーと排出削減に関する研究 (K1852) (2007)

3) 内川、古田、三原：原子吸光法による固体燃料の微量水銀の定量、分析化学 Vol.3.1pp367-372(1982)

④副生品中の水銀濃度

1)コークス脱水汚泥、コークス活性汚泥排水、焼結ダスト、高炉ダスト及び高炉シックナースラッジ

表 2.5.2 は、副生品中の水銀濃度を調査した研究報告結果を示している。

表 2.5.2 ダスト等の水銀濃度

副生品	平均値 (ppb)	備考
コークス脱水汚泥	258~933	2 施設のデータ
コークス活性汚泥排水	ND~<0.5	3 施設のデータ
焼結 EP ダスト	2,050~28,500	6 施設のデータ
高炉ダスト	63.6~412	3 施設のデータ
高炉シックナースラッジ	545~716	3 施設のデータ

出典：高岡、大下：鉄鋼業における水銀排出挙動 (財) 鉄鋼業環境保全技術開発基金助成研究報告書 (06・07 大気-164)

2) 高炉スラグ

高炉内においては、還元された鉄は同時に溶融して層内を滴下しながら、1,500°Cの高温で銑鉄となり炉底部に溜まる。また、鉄鉱石に含まれるシリカやアルミナなどの脈石等と石灰石が混ざり合って溶けた溶融スラグ（高炉スラグ）は銑鉄の上に溜まり、炉壁に設け

た出滓口を穿孔して取り出される。このように、高炉内の温度が 1,500°C と極めて高いことから、炉から排出される高炉スラグに水銀は含まれていないものと考えられる。

高岡らは、鉄鋼生産のコークス製造、焼結及び高炉の各工程における原料、製品、副生品、副生ガス等のサンプル中の水銀データを測定し、濃度と物質発生量から算出される水銀量のマスマバランスを評価し、活動量の総括排出係数を求め、鉄鋼業の水銀排出量の推計を行っている。すなわち、2005 年度の大気への推定排出量を転炉による粗鋼生産量で除した数値を、総括排出係数として求め、0.0488 (g-Hg/粗鋼-t) を得ている。

鉄鋼では、製鉄所内で発生するガスやダストを再利用しているために、アウトプットとしては鉄鋼製品、スラグ、排ガスが中心となる。図 2.5.1 に示すように、水銀濃度が把握されているが、コークス炉からの表 2.5.1 に示すような副生物については水銀量が把握されていない。

表 2.5.1 水銀含有量の実測可能性の検討対象

	対象	検討対象とする主な理由
副生品	安水	推計値もなく、実測値がない。
	タール	生成量(販売量)、販売先、水銀含有量について推計値、実測値がない。
	タール蒸留物	軽油、その他について、生成量、推計値がない。

2) 実測可能性の検討

実測可能性の検討に当たっては、実測技術の観点に加えて、分析サンプルの入手可能性（企業の承諾、秘密保持、業界との調整、コンプライアンス等の吟味）、分析サンプルの代表性（入手可能な分析サンプルが当該分野の代表的なサンプルといえるか）に基づく実測の妥当性の観点から検討した。

その結果、以下の理由から、マテリアルフローの評価に資する実測データを得ることは困難であると判断した。

- ① すでに調査した水銀マテリアルフローにおいて、収支バランスが一定の精度で得られていると評価していること。
- ② 海外に比較して、日本の鉄鋼業界の排ガス対策は、厳しい規制レベルに対応しており、むしろ、海外の排出実態の把握が必要であると考えていること。

しかしながら、2011年1月の INC2 においては、EU から大気への排出対象として鉄鋼も入れるべきとの提案があり、中国の反対により了承されなかったものの、今後の動向を注視するとともに必要に応じ、実測データの充実についてを行うがあると思われる。

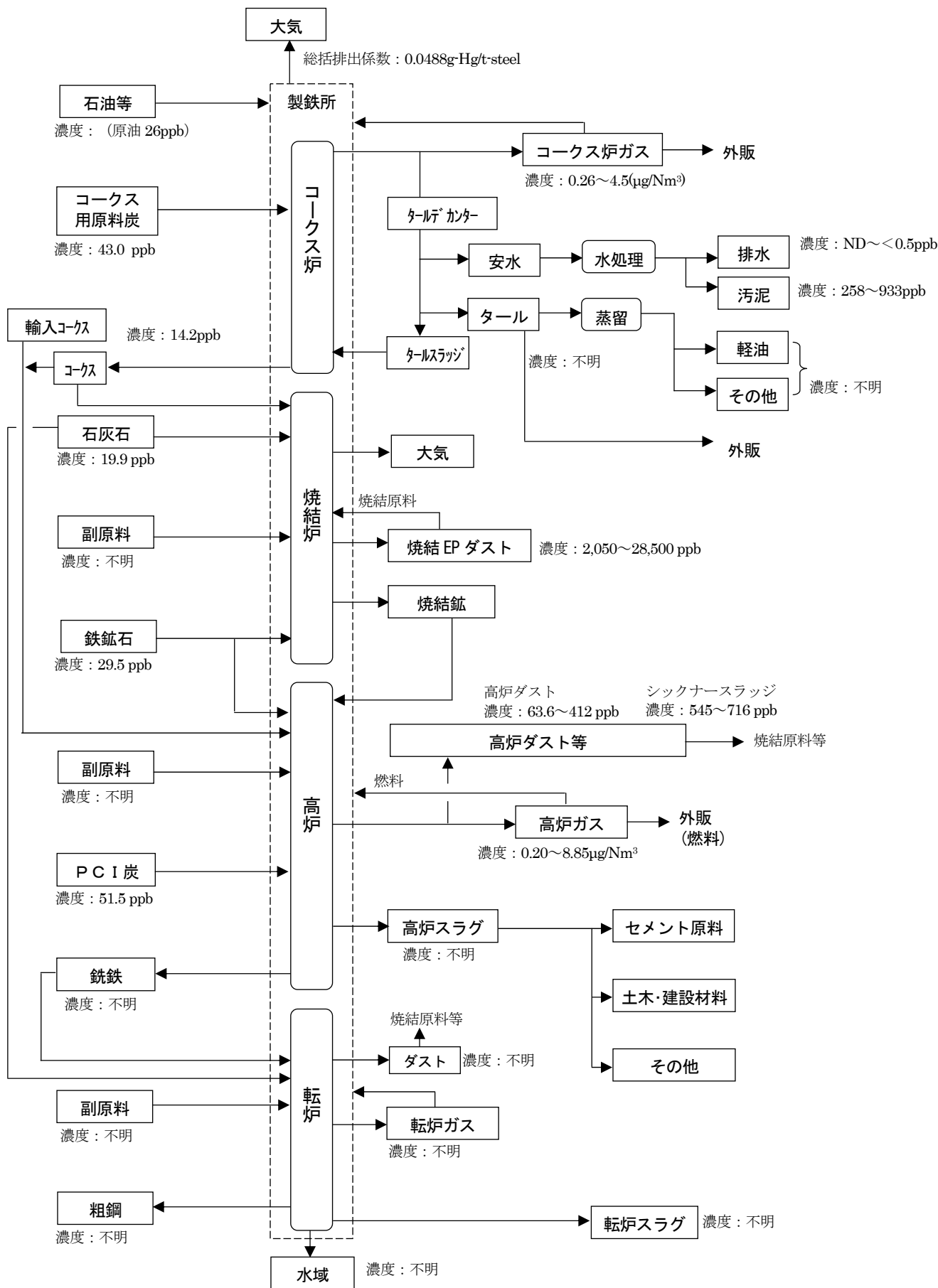


図 2.5.1 鉄鋼生産工程の水銀に係るマテリアルフロー

2.6 セメント製造

1) 水銀マテリアルフローの検討に必要な情報

セメント製造プロセスからアウトプットは、図 2.6.1 に示すように排ガスと製品であるセメント（クリンカ）のみであり、排ガスや製品についての水銀量も概ね把握されている。また、セメント製造業界では、図 2.6.2 に示すように様々な産業や自治体から排出される副産物・廃棄物をセメント原料として有効に活用してきた。その結果、図 2.6.3 に示すように、セメント 1 トン当りの副産物等の活用量は、セメント生産量が減少に転じてからも上昇しており、2009 年で約 450kg に達している。

一方で、我が国の産業セクターの水銀フローを理解するためには、アウトプット側の水銀量だけでなく、インプット側である各種副産物等と本来の原料である石灰石、粘土、けい石等の水銀量についても把握することが効果的である。そこで、表 2.6.1 に示す物質について水銀含有量の実測可能性の検討対象とした。

表 2.6.1 水銀含有量の実測可能性の検討対象

	対象	検討対象とする主な理由
原材料	石灰石	鉄鋼精錬での実測値があるが、セメント製造での実測値がない。
	粘土	実測値も推計値もない。
	けい石	実測値も推計値もない。
	各産業副生物	ばいじん、汚泥、廃油などを受け入れているが、水銀含有量に関するデータがない。発生源で実測することも検討。（図 2.5.2 参照）
副生物	集じんダスト	INC2 ではセメントプロセスからのダスト中の Hg に注目している。

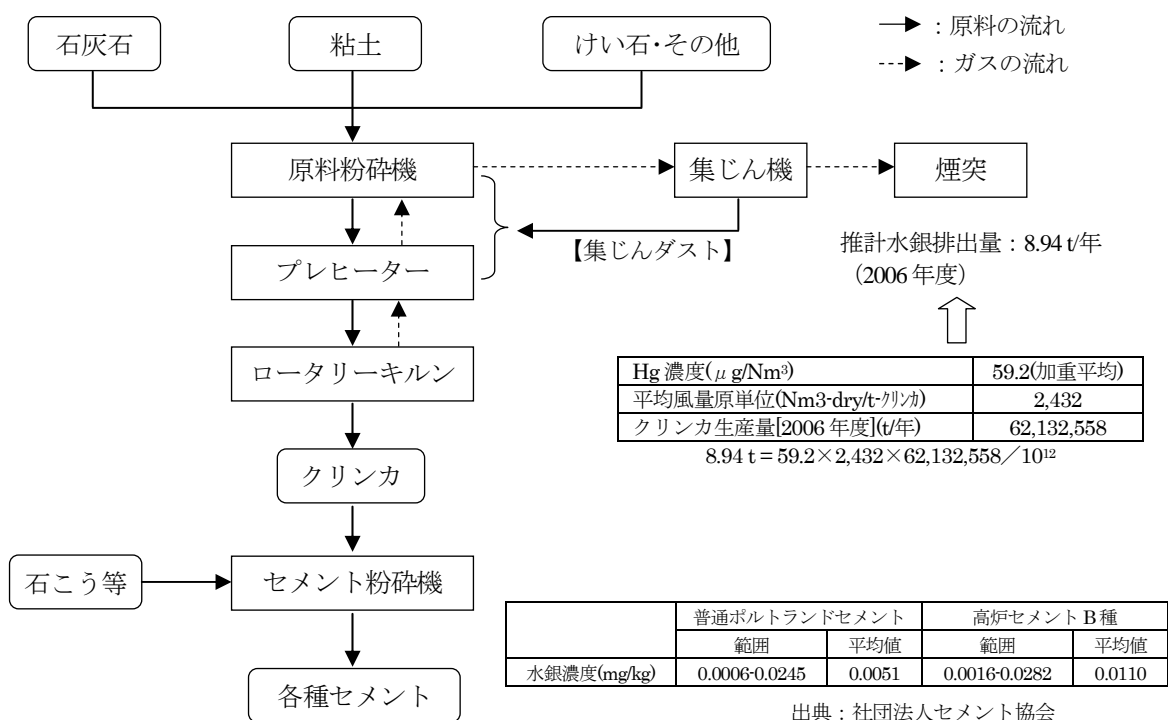
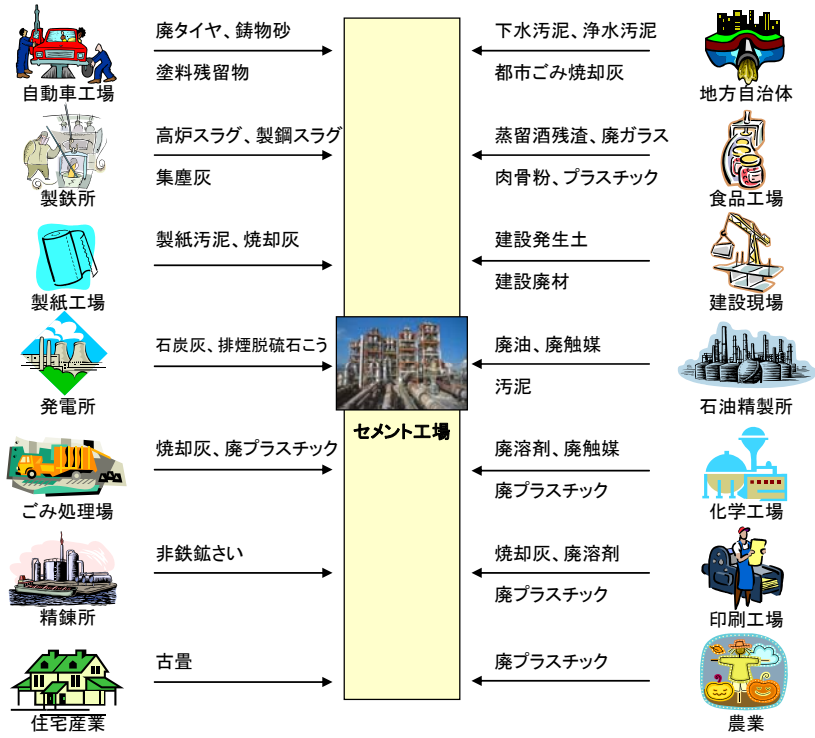
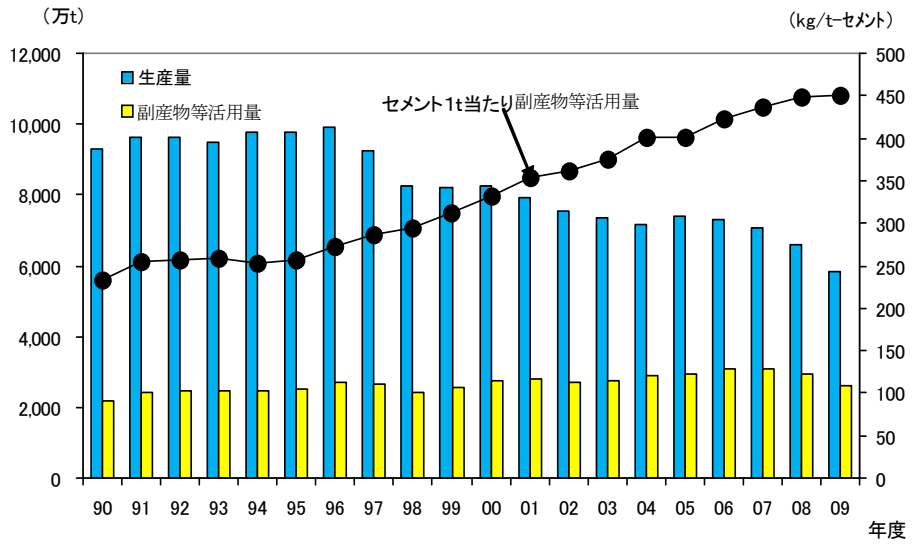


図 2.6.1 セメントの製造フローと水銀量



出典：社団法人セメント協会

図 2.6.2 セメント製造における副産物等の活用



出典：社団法人セメント協会

図 2.6.3 セメント製造における副産物等の活用

2) 実測可能性の検討

実測可能性の検討に当たっては、実測技術の観点に加えて、分析サンプルの入手可能性（企業の承諾、秘密保持、業界との調整、コンプライアンス等の吟味）、分析サンプルの代表性（入手可能な分析サンプルが当該分野の代表的なサンプルといえるか）に基づく実測の妥当性の観点から検討する。

その結果、以下の理由から、マテリアルフローの評価に資する実測データを得ることは困難であると判断した。

- ① 各社によって、図 2.6.4 に示すように、セメント工場の立地が異なるための受け入れ原料の違いや産業副生物の不均一性及び各社のプロセス、操業形態が異なることから、代表値が得られないこと。また、排気集じんは、電気集じん機、バグフィルターで対応しており、これ以上の放出ダスト量の削減手段がないこと。
- ② 業界では、独自の調査を既に行っており、新たな水銀に係る分析の必要性がないと判断されたこと。

しかしながら、2011年1月の INC2 においては、セメント製造が水銀排出源として注目されており、今後ますます実測データの重要性が高まると予想される。今後、INC2 の動向を注視しつつ、ダスト中の水銀量などのデータの整備について検討する必要がある。

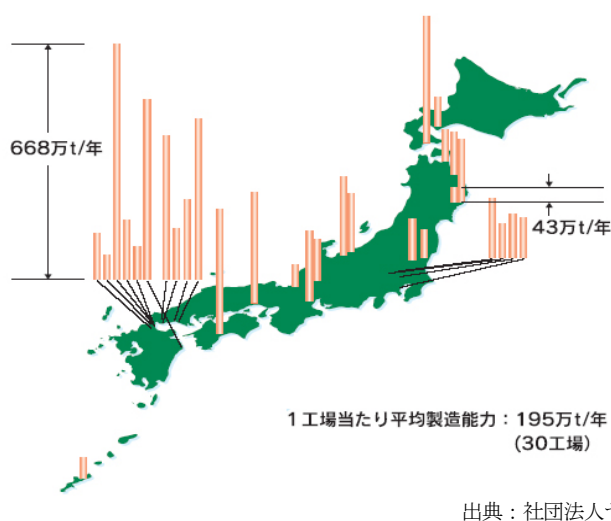


図 2.6.4 日本におけるセメント製造工場の分布と能力（2009年）

2.7 まとめ

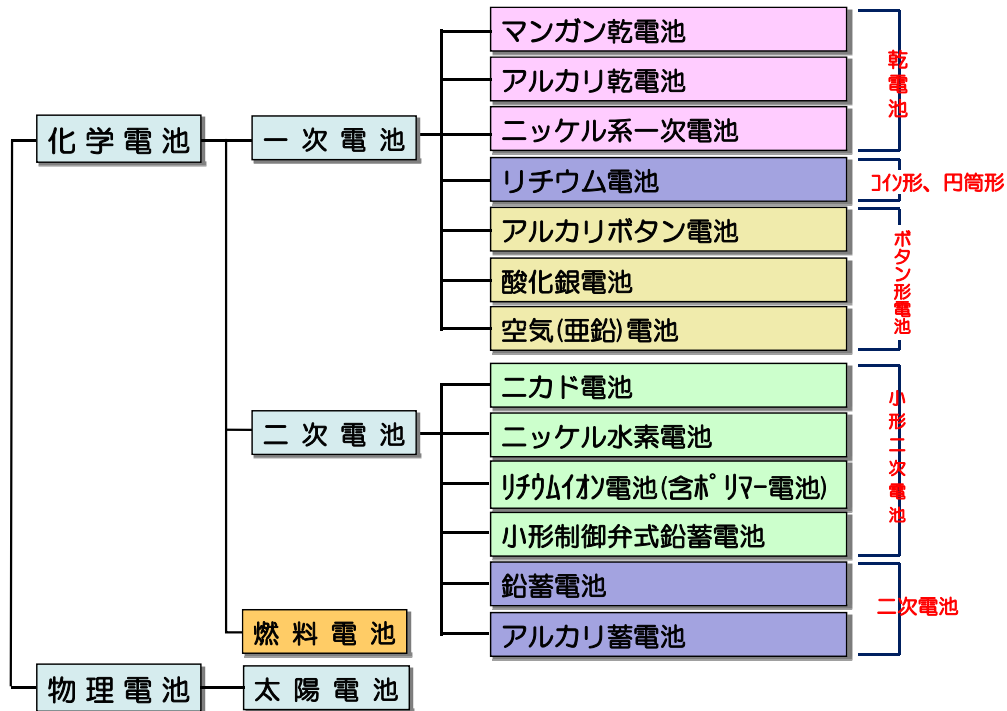
今回の調査した 5 つの産業分野において、マテリアルフローの精度向上に資するための必要十分なデータ項目で、ほぼ同様な理由により、現段階で実測を行うことが必要な状況にはないと判断される。

第3章 エssenシャルユースの特定

3.1 ボタン形電池

1) 電池の種類

電池は、構造から図 3.1.1 に示すように化学電池と物理電池に分類される。



出典：社団法人電池工業会

図 3.1.1 電池の種類

2) 電池業界の水銀対策

これまでに電池業界が水銀代替・削減に向けて取り組んできた結果、図 3.1.2 に示すように乾電池については約 20 年前に無水銀化がなされ、水銀電池については他の電池（空気亜鉛電池など）への切替えにより 13 年前に生産・販売を中止している。ボタン形電池（酸化銀電池、空気亜鉛電池、アルカリボタン電池）については、現在のところ、ごく僅かに水銀を含有しているものの、業界では水銀使用削減に向けた取組みを引き続き行っている。2009 年では国内において、電池生産に使用された水銀量は約 1.0 t であり、ピークの 1987 年の 169.2 t に比べて 1% 以下となっている。

①乾電池（マンガン乾電池、アルカリ乾電池）の無水銀化

マンガン乾電池の無水銀化：1991 年

アルカリ乾電池の無水銀化：1992 年

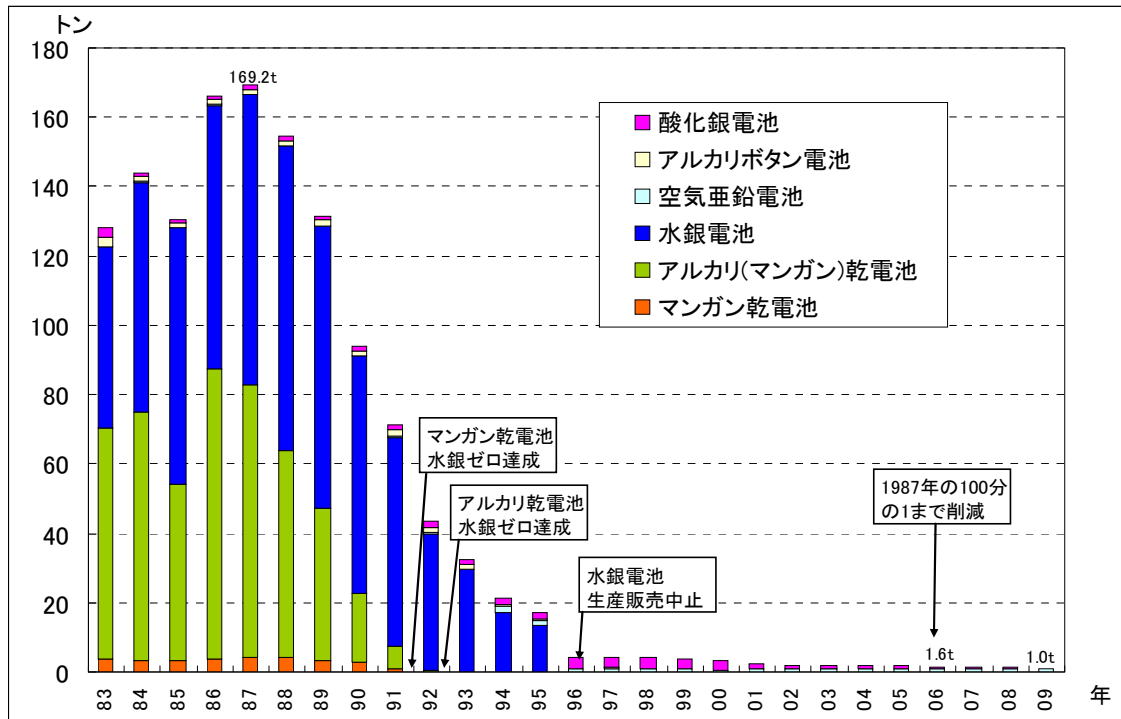
②水銀電池

水銀電池の他電池（空気亜鉛電池など）への用途切替による生産・販売中止：1996 年

③ボタン形電池

ボタン形電池（酸化銀電池、空気亜鉛電池、アルカリボタン電池）については、水銀使用削減の取組みを行っているが、それぞれのタイプに固有の事情により、現時点では完全無水銀化には至っていない。

しかしながら、②の水銀電池の生産・販売中止の取組みと連動して取り組んだ、ボタン形電池の自主回収が1984年以降、現在まで継続的に実施されている。



出典：社団法人電池工業会

図 3.1.2 一次電池生産(国内)に使われた水銀量の推移

3) ボタン形電池と用途

ボタン形電池の主な用途を表 3.1.1 に示す。

表 3.1.1 ボタン形電池の主な用途

ボタン形電池	主な用途
酸化銀電池	大部分が腕時計用
アルカリボタン電池	玩具、防犯ブザー、タイマーなどの小型機器用が大部分
空気亜鉛電池	大部分は補聴器用

4) ボタン形電池の主要成分

ボタン形電池に使われている主な成分を表 3.1.2 に示す。水銀含有量は 0.1~0.3%程度となっている。

表 3.1.2 ボタン形電池の使用構成物質例

(単位 wt%)

	正極活物質	負極活物質	外装缶 (ケース)	添加物	その他
アルカリボタン電池	二酸化マンガン (19%)	亜鉛 (6%)	鉄 (10%)	水銀 (0.2%)	電解液、グラファイト セパレーター (不織布) ガスケット (ナイロン) (64.8%)
酸化銀電池	酸化銀 (34%)	亜鉛 (11%)	鉄 (10%)	水銀 (0.1%)	電解液、グラファイト セパレーター (不織布) ガスケット (ナイロン) (44.9%)
空気亜鉛電池	酸素 (空気) (0%) ※空気から取込む為	亜鉛 (34%)	鉄 (10%)	水銀 (0.3%)	電解液、グラファイト セパレーター (不織布) ガスケット (ナイロン) (55.7%)

出典：社団法人電池工業会 なお、成分の構成比は電池サイズによって異なる。

5) ボタン形電池への水銀の使用理由

ボタン形電池に水銀を使う目的は、以下のとおりである。

- ・負極作用物質である亜鉛は、電解液により腐食するが、水銀は亜鉛の表面に合金層を形成し、亜鉛の腐食を抑制する。
 - ・少量の不純物も覆い隠す効果により特性劣化が抑制され、電池の長寿命化に貢献する。
- 乾電池で無水銀化を達成しているが、ボタン形電池では無水銀化が困難な理由としては、次のことが挙げられる。

- ・電池構造の違いと構成部品や製造法の違いによる。
- ・ボタン形電池はサイズが小さく、内部でのガス発生時の防爆機構を設けることが困難であり、構成部品である集電体の製造時に不純物の影響を受けやすい。
- ・ボタン形電池は、小形・精密機器などに使用されており、長期間(3~5年)でのガス発生時に電池の高さ方向が膨らむことで、機器に悪影響を与えることがある。

6) ボタン形電池の無水銀化状況と代替可能性

表 3.1.3 にボタン形電池の無水銀化の状況と水銀の代替可能性について整理した。酸化銀電池、アルカリボタン電池で無水銀化を達成しているが、コスト面での対応や海外からの安価な電池への対応が求められる。空気亜鉛電池については現状、代替は困難であり、用途を鑑みるとエッセンシャルユースと見なすことができる。

表 3.1.3 ボタン形電池の無水銀化状況と水銀の代替可能性

種類	無水銀化の商品化状況	水銀の代替可能性と課題
酸化銀電池	国内製造の全3社が無水銀の商品化を確立済み ・A社：2004年9月 ・B社：2005年4月 ・C社：2005年8月	・酸化銀電池の無水銀化は2004~05年に国内各社から商品化が発表され、酸化銀電池の最大の用途であるクウォーツ式腕時計でも無水銀品への切替が始まっているが、全面的な採用・切替えにはコスト等の課題も残っている。
アルカリボタン電池	国内製造の全1社が無水銀の商品化を確立済み	・酸化銀電池は、アルカリボタン電池に比べて容量で1.5~3倍、実勢小売価格比で約3倍である。そのため、アルカリボタン電池は高価な酸化銀電池のローコスト版として商品化され、様々な安

	・ A社：2009年10月	<p>価な生活便利商品の電源として使用されている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実際に、安価なアルカリボタン電池は、海外メーカーのシェアが極めて高く（海外で生産される機器組込用を含め）、多くのアルカリボタン電池が日本国内に流通している。 ・他方、現在国内では製造している1社では、2009年に無水銀品の商品化を確立済みである。<u>今後、仮に日本のメーカーのみが無水銀電池への切替を促進した場合、水銀を含有する安価な海外製アルカリボタン電池の日本国内への流通をどうするかが問題となる。</u>
空気亜鉛電池	国内製造は1社のみ	<ul style="list-style-type: none"> ・最大の用途は補聴器。補聴器用として当初は水銀電池が使われていたが、その代替用として空気亜鉛電池が開発された。現在、空気亜鉛電池の90%以上が補聴器用であり、医療的側面のきわめて高い電池である。 ・補聴器は、常時使用されているために、その性格から可能な限り長寿命が求められる。<u>空気亜鉛電池は、その用途に応えるものであり、品質・性能保持の観点から高い信頼性が求められる。</u> ・一方、空気亜鉛電池の性質上、重負荷放電特性が低下すること、耐漏液性能が低下すること、破裂の危険性があることといった<u>安全性の確保の点から、無水銀化は現状、技術的に困難である。</u>

出典：社団法人電池工業会

7) ボタン形電池の国内流通量

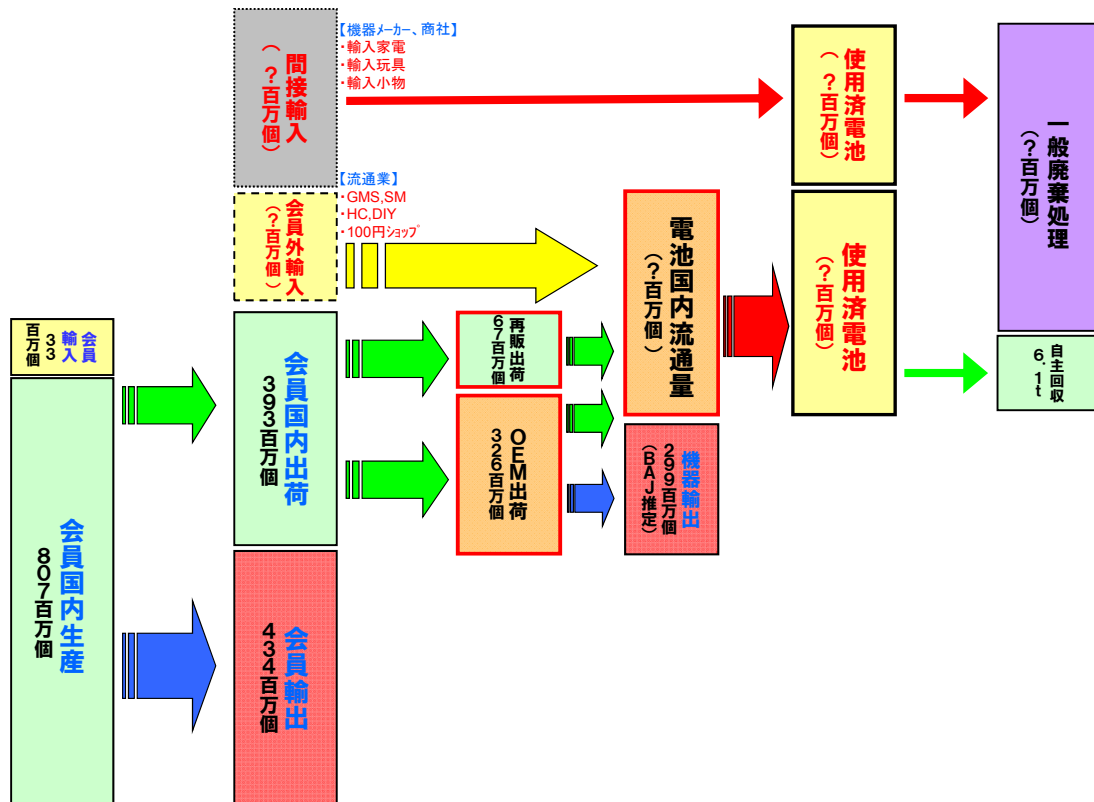
ボタン形電池の国内流通量に関して、社団法人電池工業会では、図 3.1.3 に示すようなフローを示している。

この図によれば、807 百万個のボタン形電池が国内で生産されるとともに、33 百万個のボタン形電池が電池工業会の会員企業によって輸入されている。また、同工業会の会員企業による国内出荷量が 393 百万個で、輸出量が 434 百万個となっている。

一方、電池工業会の会員以外の企業等（GMS：総合スーパー、SM：スーパー、HC：ホームセンター、DIY、100 円ショップなど）が輸入したボタン形電池の個数は不明である。さらに、機器メーカーや商社が輸入する家電、玩具、小物家電に組み込まれて輸入されるものもあるが、いずれも不明である。

ボタン形電池単体の国内流通量は、電池工業会会員企業が国内向けに再販出荷した分と会員外企業が輸入した分を合わせた量と基本的に捉えることができる。

これらのボタン形電池が使用済みとなる分は、機器に組み込まれてきたボタン形電池もあって、正確には把握できていない。なお、電池工業会では次項に示すように、ボタン形電池の自主的な回収スキームを 2009 年より再スタートさせており、従来のスキームと合わせて回収された量は 2009 年では 6.1 t に達している。



出典：社団法人電池工業会

図 3.1.3 ボタン形電池の国内流通量のイメージ（2009年）

8) 累積製品中の水銀量

①アルカリボタン電池

アルカリボタン電池の用途は、玩具、防犯ブザー、タイマーなどの小型機器用が大部分を占めている。したがって、用途や使い方によって電池の寿命が異なること、及び海外から輸入された小型機器にも組み込まれていること等を考慮すると、累積製品中の水銀量の把握は困難である。

②酸化銀電池

酸化銀電池の用途の大部分は腕時計用である。腕時計での酸化銀電池の寿命を 2～3 年（平均 2.5 年）とすれば、酸化銀電池の累積製品中の水銀量は、国内出荷量の 2.5 年間分と推定できる。しかし、国内販売のほかに、輸入電池や腕時計に組み込まれて輸入されるものもあるために、正確には把握できない。

③空気亜鉛電池

空気亜鉛電池の用途のほとんどは補聴器用である。電池の寿命は、補聴器用の使い方にもよるが、1～2 週間で交換する必要がある。従って、空気亜鉛電池の累積量は国内販売量の 1/20 程度と推定される。

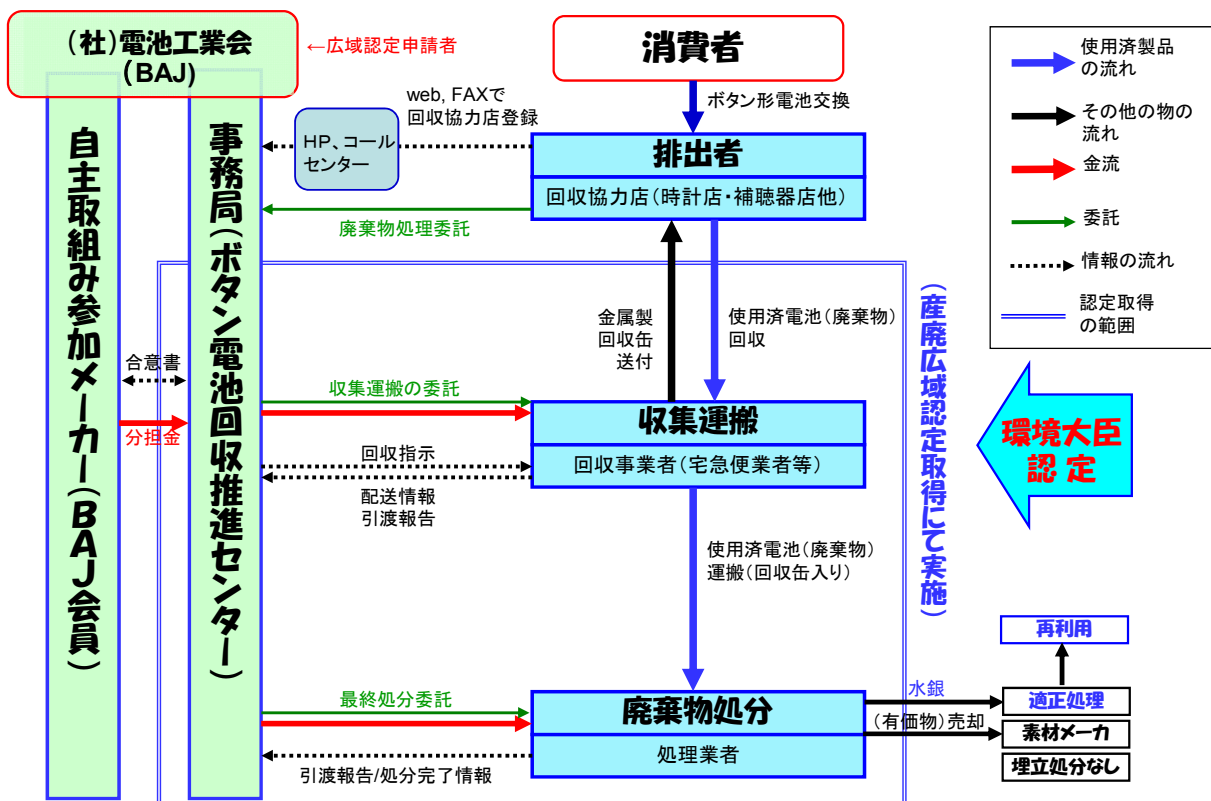
9) 使用済ボタン形電池の回収への取り組み

水銀が含まれるボタン形電池について、社団法人電池工業会では、「廃棄物の処理法及び清掃に関する法律」第15条の4の3第1項に基づいて産業廃棄物の広域認定を取得し、「ボタン電池回収推進センター」を2009年4月に設立し、自主的に使用済ボタン形電池の回収に取り組んでいる。

その仕組みは、図3.1.4のとおりである。電池回収缶は、電器店、電気量販店、補聴器店、メガネ店、ホームセンター、スーパーなど（回収協力店）に設置され、回収ボタン形電池は、収集・運搬業者を経てリサイクラーに輸送されて適正にリサイクル処理される仕組みとなっている。この事業にかかる費用は同工業会加盟の下記の会社が負担している。回収協力店の加入数は、2010年10月現在で、8,644店舗に達している。

対象電池は、アルカリボタン電池（形式記号LR）、酸化銀電池（同SR）、空気電池（同PR）である。

2009年の自主的取り組み分としてアルカリボタン形電池、空気亜鉛電池、酸化銀電池から9kgの水銀が回収されている。他に、リサイクル業者等が行った処理分として15kgの水銀が回収されている。



出典：社団法人電池工業会

図 3.1.4 ボタン形電池回収ルート

3.2 乾電池

3.1 項のボタン形電池にも記したように、我が国においては、1991年にマンガン乾電池で、1992年にアルカリ乾電池で無水銀化が達成されている。

①国内販売・国内出荷、輸出入における乾電池中の水銀

国内メーカーの国内生産分及び海外工場からの輸入分は、約 20 年前から水銀量はゼロとなっている。また、国内メーカー以外の輸入業者、流通業者等が海外から輸入し、国内で販売されているものについても、水銀含有の商品は見られない（出典：社団法人電池工業会調べ）。また、日本から輸出されるものについても基本的に国内メーカー品であるために水銀量はゼロであり、国内で調達され機器に組み込まれて輸出されるものについても水銀ゼロである。従って、乾電池に関しては代替が完了していると考えられる。

②累積製品中の水銀量

基本的に用途によって電池の寿命が異なるが、日本生産分については約 20 年前に水銀ゼロを達成していること、また海外生産し輸入している分についても水銀ゼロであることを踏まえると、我が国で累積している乾電池中の水銀量は極めて少ない。

④使用済乾電池の回収

家庭からの乾電池を分別回収している自治体は平成 20 年度で 251 団体になっている（出典：全国都市清掃会議資料）。一方、乾電池からの水銀回収量は、2003～07 年の 5 年間の平均年間回収量は 0.19 t となっている（出典：平成 20 年度第 1 回有害金属対策基礎調査検討会資料 4.2「我が国における水銀のマテリアルフロー調査結果」）。

3.3 時計

酸化銀電池の最大の用途であるクォーツ式腕時計では、2004～05年に国内電池メーカー各社から無水銀化の酸化銀電池が商品化され、全面的な採用・切替えにはコスト等の課題も残っているものの、無水銀品への切り替えが始まっている。

以下に、国内時計と輸入される腕時計について、聞き取り調査結果を示す。

1) 国内時計

①国内時計メーカーが使用するボタン形電池の無水銀化の状況

社団法人日本時計協会（正会員 10 社、賛助会員 2 社）によると、国内時計メーカーにおける、自社ブランド及びライセンスブランド品の完成商品における無水銀電池化状況は、表 3.3.1 のとおりである。従って、多くのメーカーではすでに無水銀化のボタン形電池に切り替えていることが明らかとなった。

表 3.3.1 国内時計メーカーにおける無水銀化状況

生産企業	ボタン形電池への切り替え状況
A 社	国内製造分は無水銀化ボタン形電池に切り替え済み。海外製造で一部通常の酸化銀電池を使用。リペアサービスで使用頻度の少ない特殊電池には、通常の酸化銀電池のものがある。
B 社	切替済み
C 社	切替済み
D 社	切替済み
E 社	切替済み
F 社	切替済み
G 社	切替済み
H 社	LR 電池搭載モデルのみ従来のアルカリボタン電池使用（電池調達メーカーで LR44 の無水銀電池を製造していない）
I 社	海外製造品で国内輸入し販売のものは従来の酸化銀電池搭載。
J 社	切替済み

出典：社団法人日本時計協会

②無水銀化ボタン形電池への代替可能性と影響

無水銀化電池を製造していない型式のボタン形電池があるため、一部の製品にはまだ従来の酸化銀電池が使用されている。しかし、生産数量が少なく、また無水銀化も進んでいるため、国内時計メーカーへの深刻な影響は少ないと考えられる。

また、一部の時計（クロック）には、アルカリボタン形電池（LR44）が使われているものの、国内電池メーカーが、2010年6月にLR系ボタン形電池で無水銀化を開発・販売している。このような状況からも国内時計メーカーへの影響は少ないと考えられる。

一方、海外製造品で従来の酸化銀電池を搭載した機種で輸入し販売している会員企業（海外調達のムーブメントでセットされているボタン形電池が通常の酸化銀電池であることが考えられます）があるものの、日本製の電池では、無水銀化の普及が拡大していることから、この部分の置き換えも徐々に進んでいくと思われ、海外進出の日系企業への影響も少ないと見られている。

2) 輸入腕時計

①輸入腕時計に使われているボタン形電池の無水銀化の状況

社団法人日本時計輸入協会（会員 50 社）が、会員企業に対して行った調査によると、表 3.3.2 に示す結果が得られている。

表 3.3.2 輸入腕時計に使われるボタン形電池に関する調査結果

質問事項	回答(19社) ¹
□過去1年間に輸入した、電池を使用する腕時計のうち水銀添加ボタン形電池を使用しているものと水銀レスボタン形電池を使用しているものの割合。	<ul style="list-style-type: none"> ・回答された対象輸入総量：113万個 ・内、水銀添加ボタン形電池の使用割合：19% 水銀レスボタン形電池の使用割合：81%
□水銀レスボタン電池に早期に切り替えることが難しい場合の理由。	<ul style="list-style-type: none"> ・過去1年間では、切り替え前の入荷分が入っている。切り替え途上である。 ・EU 電池指令 2006/66/EC によれば、水銀含有量が電池重量の 2%を超えない範囲であれば準拠することになるため、スイスからなど、この水準のボタン形電池を継続使用しているものがある。

出典：社団法人日本時計輸入協会

1) 協会会員企業は機械式時計のみを扱う輸入商社が多いため未回答企業もある。

②無水銀化ボタン形電池への代替可能性と影響

将来の切り替えの難度は、現在の腕時計メーカーと電池仕入れ先との商取引の在り様によると考えられる。ただし、物理的に切り替え不可能と報告されたものがないとの報告があり、代替可能性が十分高いとみられる。ただし、輸入時計が特殊であれば、電池供給側の供給の可否に影響される可能性があるために、このような時計に関しては、現状では代替可能性が低いと言えよう。

なお、社団法人日本時計輸入協会会員企業が輸入しているものは基本的に著名な腕時計であることに対し、2009年に輸入されたクォーツ式腕時計の約 3,340万個に組み込まれているボタン形電池で、特に廉価な時計や景品用で使用される時計では、使用されている汎用ムーブメントの製造国、ボタン形電池のメーカーによって、代替可能性はコストとの関係で異なるものと考えられる。

【参考】

腕時計等の携帯用時計の輸出入量を、表 3.3.3 及び表 3.3.4 に示す。腕時計等の携帯用時計の場合、完成品だけでなくムーブメントにも酸化銀電池が組み込まれている。

その結果、2009年の腕時計等の輸入量は約 4,021万個、輸出量は約 2億 3,062万個であった。クォーツ式腕時計でも無水銀品への切替が始まっており、全てに水銀添加酸化銀電池が使用されているとは限らない。

表 3.3.3 腕時計（懐中時計その他の携帯用時計を含む）の完成品及びムーブメントの輸入
(単位：個)

	HS コード	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年
腕時計（完成品）	9101.11	33,670,900	33,650,409	33,245,714	31,582,387	29,066,815	28,521,880
	9101.12						
	9101.19						
	9102.11						
	9102.12						
	9102.19						
ウォッチムーブメント(完成品) 1)	9108.11	7,199,236	11,560,562	27,129,478	16,427,956	14,333,208	11,687,672
	9108.12						
	9108.19						
合計		40,870,136	45,210,971	60,375,192	48,010,343	43,400,023	40,209,552

出典：財務省貿易統計

1) 携帯用時計のムーブメントで単に組み立てることにより完成品となるもの及び一部組み立てたもの(ムーブメントセット)

表 3.3.4 腕時計（懐中時計その他の携帯用時計を含む）の完成品及びムーブメントの輸出
(単位：個)

	HS コード	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年
腕時計（完成品）	9101.11	3,790,350	3,175,802	2,998,195	2,584,503	2,596,939	2,170,909
	9101.12						
	9101.19						
	9102.11						
	9102.12						
	9102.19						
ウォッチムーブメント（完成品）	9108.11	385,457,516	353,615,271	315,501,478	248,800,185	243,422,147	228,449,962
	9108.12						
	9108.19						
合計		389,247,866	356,791,073	318,499,673	251,384,688	246,019,086	230,620,871

出典：財務省貿易統計

3.4 計測機器

1) ガラス製水銀温度計

①生産・出荷・輸出入

ガラス製水銀温度計の生産・出荷・在庫の数量を表 3.4.1 に示す。ガラス製水銀温度計の生産量、出荷量ともに減少している。減少は、廉価の輸入品（主に中国）に押されて生産中止になったことが要因とみられている。なお、2006年以降については統計がないことから、輸入統計（表 3.4.3）の推移における“対前年比”を基に推計している。

ガラス製温度計には、水銀温度計以外に、アルコール温度計が含まれている可能性がある。正確な数字はないが、ガラス製温度計の業界では、それぞれ半々程度と見ている。

表3.4.1 ガラス製温度計の国内生産・出荷・在庫の状況（単位：本数）

年(CY)	94年	99年	03年	04年	05年	06年 ³⁾	07年 ³⁾	08年 ³⁾
生産数量	638,102	405,837	302,378	303,107	268,178	223,660	197,044	196,847
うち水銀温度計 ¹⁾ (推定水銀量kg) ²⁾	319,051 (638)	202,919 (409)	151,189 (302)	151,554 (303)	134,089 (268)	111,830 (224)	98,522 (197)	98,424 (197)
出荷数量	650,604	422,174	301,783	301,571	250,064	208,553	183,735	183,551
うち水銀温度計 ¹⁾ (推定水銀量kg) ²⁾	325,302 (651)	211,087 (422)	150,892 (302)	150,786 (302)	125,032 (250)	104,277 (208)	91,868 (184)	91,776 (184)
在庫数量	85,951	60,698	52,139	46,028	57,631	48,064	42,344	42,302
うち水銀温度計 ¹⁾ (推定水銀量kg) ²⁾	42,976 (86)	30,349 (61)	26,070 (52)	23,014 (46)	28,816 (58)	24,032 (48)	21,172 (42)	21,151 (42)

出典：社団法人日本計量機器工業連合会

1) 水銀温度計の割合を50%として算出した。

2) 水銀温度計1本当りの水銀量：2g（出典：日本硝子計量器工業協同組合）

3) 表3.4.3の輸入統計における“前年比”より、算出したもの。

【参考：貿易統計】

輸入統計における水銀温度計、水銀圧力計が含まれる品目のHSコードは、表3.4.2のとおりである。これに基づく輸入量を表3.4.3に示したが、数量的には上記の数値と大きく乖離している。これは、輸入統計のHSコードに水銀以外を用いた温度計（例：アルコール温度計）等が含まれていることが原因と考えられる。そのため、水銀を使用した計量機器のみの輸入量を貿易統計上から求めることは困難である。

なお、輸出货量に関しても、上記理由からデータがない。

表3.4.2 輸入統計におけるHSコード

HSコード	品名	備考
90.25	ハイドロメーターその他これに類する浮きばかり、温度計、パイロメーター、気圧計、湿度計及び乾湿球湿度計（記録装置を有するか有しないかを問わない。）並びにこれらを組み合わせた物品	
	温度計及びパイロメーター（その他の機器と組み合わせたものを除く。）	
9025.11	000 液体封入のもの（直読式のものに限る）	水銀温度計、アルコール温度計が該当する。
9025.19	その他のもの	
	010 ー電気式のもの	
	090 ーその他のもの	
9025.80	その他の機器	
...	...	
90.26	液体又は気体の流量、液位、圧力その他の変量の測定用又は検査用の機器	90.14：羅針盤その他の航行用機器 90.15：土地測量用、水路測量用、海洋測量用、水理計測

	(例えば、流量計、液位計、マンメーター及び熱流量計。第90.14項、第90.15項、第90.28項又は第90.32項の機器を除く。)	用、気象観測用又は地球物理学用の機器及び測距儀 90.28：気体用、液体用又は電気用の積算計器及びその検定用計器 90.32：自動調整機器
9026.10	液体の流量又は液位の測定用又は検査用のもの	
	・・・	
9026.20	圧力の測定用又は検査用のもの	
	010	－電気式のもの
	090	－その他のもの
9026.80	その他の機器	水銀封入圧力計が含まれる

表3.4.3 輸入量（単位：個数）

		2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年
9025.11 000	液体封入温度計 水銀、アルコール含む	5,366,554	4,168,798	5,390,056	4,497,666	3,962,307	3,959,903
	対前年比		77.7%	129.3%	83.4%	88.1%	99.9%
9026.20 090	水銀封入圧力計が含まれる	1,468,165	1,551,177	1,790,249	2,046,581	2,304,193	2,177,000

出典：財務省貿易統計

【水銀の調達先】

社団法人計量機器工業連合会によると、輸入品ではなく、全量が国内で調達されている。

【ガラス製水銀温度計の出荷先】

ガラス製温度計の出荷先を見ると、表3.4.4に示すように幅広い業種で使用されていることが確認できる。

表3.4.4 ガラス製温度計の出荷先（2005年）

主なユーザー	出荷数量（本）	%
石油化学	40,656	16.3
機械、工具機械(関係商社)	34,000	13.6
医薬・医療、製薬	33,287	13.3
空調設備、建設設備、ビル管理・環境測定	32,972	13.2
教材、教材関係商社	31,000	12.4
理化学、理化学(関係商社)	15,400	6.1
その他(諸官庁、酒造、水質調査、不明、業種が特定できない等々を含む)	62,749	25.1
合計	250,064	100.0

出典：社団法人日本計量機器工業連合会

②累積製品中の水銀量

製品寿命に関するデータがなく、累積製品中の水銀量の推定は困難である。なお、日本硝子計量器工業協同組合が2000年4月から2010年3月までに、加盟企業に斡旋し、加盟企業が購入した水銀量は2,331 kgとなっている。ただし、この数値には在庫及び気圧計の水銀も含まれている。

③生産工程からの不良品及び使用済製品からの水銀の回収

組合加盟会社が生産工程で発生する不良品、破損品等の製品処分は水銀の処分も含めて、組合が野村興産株式会社に一括して委託処理を実施している。また、最終消費者が廃棄する使用済製品の回収・処理については、不明である。

④国内需要の動向

水銀以外で広範囲に温度測定が可能な物質はみあたらないことから、代替品の普及も進まないものと考えられるが、長期的には減少の傾向にあると思われる。

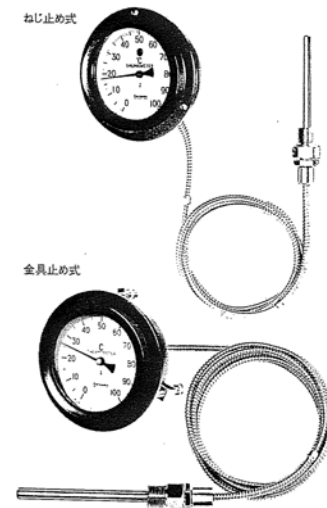
⑤水銀の代替可能性

水銀は、ガラス製温度計の感温液として優れ、 -50°C の低温域から、不活性ガスの封入により 650°C の高温域まで測定が可能となっている。水銀は、ガラス管内壁を濡らさないこと、高圧のもとでは水銀の沸騰を比較的高温で抑えられることなどの利点を持つ材料であり、これほど広範囲な温度測定が可能なものは見あたらない。

以上のことから、現状ではガラス製水銀温度計の代替可能性は低い。ただし、用途は限定されており、次第に減少していくものと推察される。

2) 水銀充満式温度計

一般的な液体充満式温度計は $0\sim 400^{\circ}\text{C}$ までは有機液体を封入し、 $400\sim 600^{\circ}\text{C}$ の高温は水銀を封入している。近年では有機液体式は $-70^{\circ}\text{C}\sim 400^{\circ}\text{C}$ 、気体封入式（窒素、アルゴン等不活性ガスを封入）は $-200^{\circ}\text{C}\sim 600^{\circ}\text{C}$ で対応も可能となっているが、高温用の気体封入式の直線性は水銀式に比較すると良くない。なお、これらの金属製温度計のものはガラス製のものに比べて目盛板が付いていて読み取り易く、破損の可能性も少ないことから主に工業用プロセスに使用される。



①国内生産・国内出荷・輸出入

日本圧力計温度計工業会によると、2009年度の水銀充満式温度計の生産量は693台であり、水銀充満式温度エレメントの生産量は5,978台となっている。この数値は、日本圧力計温度計工業会会員の金属製温度計生産企業9社のうち、水銀充満式温度計を生産している企業2社の合計値である。

水銀の使用量はいずれも1台当たり100gである。従って、2009年度において水銀充満式温度計の生産のために用いられた水銀量は、 $(693+5,978) \times 100 \text{ g} = 667 \text{ kg}$ と推定される。

なお、水銀充満式温度計が汎用品ではないことから、国内出荷量は国内生産量と同じと考えられる。また、輸出入に関する統計データがなく、数量は不明である。

②累積製品中の水銀量

ユーザーでの使用・環境条件により製品の寿命が大きく異なるため、平均耐用年数の把握は難しい。なお、1998年から2008年までの製品生産における水銀使用量は、7,500kgである（出典；日本圧力計温度計工業会）。

③回収

国内のメーカー各社は、製品に「水銀含有又は水銀使用」の表示を行っており、取扱時、

製品の廃棄時の注意喚起をしている。また、修理・校正時には古くなった水銀が発生するが、会員企業が不良品、破損品、又は廃棄する場合は、水銀を調達している商社を経由して野村興産に委託処理しているが、回収量は不明である。

④今後の需要の動向と代替可能性

0～400℃では有機液体を封入したものが市販されているが、400～600℃以上の高温域においても水銀が膨張率に直線性を有するという利点から、この分野での代替可能性はない。なお、一定の需要は見込まれるが、経済環境を考慮すると減少傾向と予測される。

3) 高温用ダイヤフラムシール圧力計

受圧部とエレメントであるブルドン管の間に封入液を圧力伝達媒体として使用する構造の圧力計であり、高温高压下で熔融状にある物質にある物質の圧力測定に使用され、化学工業、繊維工業、プラスチック工業等のプロセスに広く使用されている。

高温用ダイヤフラムシール圧力計



①国内生産・国内出荷・輸出入

日本圧力計温度計工業会によると、2009年度の高温用ダイヤフラムシール圧力計の生産量は900台であり、高温用ダイヤフラムシール圧力トランスミッタの生産量は295台となっている。

水銀の使用量はいずれも1台当たり40gである。従って、2009年度において高温用ダイヤフラムシール圧力計の生産のために用いられた水銀量は、

$$(900 + 295) \times 40 \text{ g} = 48 \text{ kg}$$

と推定される。

なお、高温用ダイヤフラムシール圧力計も汎用品ではないことから、国内出荷量は国内生産量と同じと考えられる。また、輸出入に関する統計データがなく、数量は不明である。

②累積製品中の水銀量

ユーザーでの使用・環境条件により製品の寿命が大きく異なるため、平均耐用年数の把握は難しい。なお、1998年から2008年までの製品生産における水銀使用量は、424kgである（出典；日本圧力計温度計工業会）。

③回収

国内のメーカー各社は、製品に「水銀含有又は水銀使用」の表示を行っており、取扱時、製品の廃棄時の注意喚起をしている。また、修理・校正時には古くなった水銀が発生するが、会員企業が不良品、破損品、又は廃棄する場合は、水銀を調達している商社を経由して野村興産に委託処理しているが、回収量は不明である。

日本圧力計温度計工業会によると、圧力計には、水銀が含まれていることを、目盛板に明記し、圧力計にその旨を記したラベルを貼付し、かつ廃棄時に環境汚染にならないように注意喚起の表示を各社が独自に行っている。廃棄物処理法では、水銀などの危険な物質が含まれたものを廃棄する場合は、その物質の廃棄処理を委託する業者に開示しなければならないとされており、ユーザーが水銀封入品を廃棄する場合に、法的要求事項を遵守できるように、表示しているものである。

④今後の需要の動向と代替可能性

高温用の圧力計に封入される液体は、熱膨張率が小さいこと、沸点が高いこと、圧縮率が小さいこと等の特性が要求される。水銀のもつ高温、高圧下での安定的な物性から、代替できるものが見当たらない。従って、今後も一定の需要が見込まれる。

4) 気圧計

液柱型水銀気圧計（フォルタン水銀気圧計）は、一端を封じたガラス管内部に水銀を封入して水銀の入った槽の中で逆さまにすることで、ガラス管上部に真空を生じさせる構造となっており、水銀槽の液面にかかる大気圧とガラス管の内部の水銀柱の重さとの釣り合いから気圧が測定できる。気象観測における基準器として用いられることが多い。

原理上、高精度の測定が可能であるが、高価格や重量があつて取扱いが大変であること、かつ、衝撃等に弱いこと、さらに測定に熟練を要すること等の欠点があつた。そのため、現在では、用途が限られている。

日本での生産量は年間 20 台程度である。1 台当りの水銀量は 2 kg ほどである。

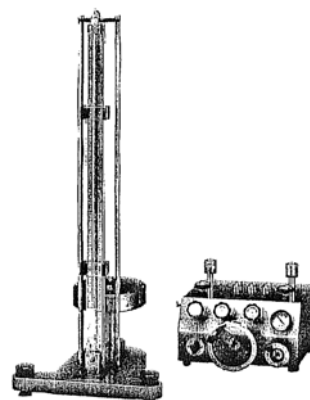
3.5 基準器

質量、体積、温度、圧力、密度、比重などの物象の状態の量を計るための計量器の検定、定期検査その他の計量器の検査であって経済産業省令で定められているものに用いる計量器の検査（基準器検定）に合格した計量器を基準器といい、質量基準器、体積基準器、温度基準器、圧力基準器、濃度基準器、比重基準器などがある。基準器検査の合格条件は、計量法基準器検査規則に定められている“構造に係る技術上の基準”に適合し、かつ“基準器公差”に適合していることであり、合格した計量器（＝基準器）には、基準器検定証印が付され、有効期間を記載した基準器検査成績書が交付される。

1) 基準液柱型圧力計

圧力基準器には、“基準重錘型圧力計”と“基準液柱型圧力計”がある。前者は、重錘（おもり）を掛け替えて圧力の検査を行う方式で、後者は水銀柱を用い、弁の切換によって、正圧と負圧の検査が出来るようになっている。水銀は密度が高いために、圧力のある種の液体の高さで表現するための液柱が低くても済む。液柱ゲージに入れる流体は基本的には何でもよいが、水銀は、高密度であり(13.534 g/cm³)、蒸気圧が低いことから使われる。製造企業や検査機関などが保有している。

基準液柱型圧力計



①国内生産・国内出荷・輸出入

日本圧力計温度計工業会によると、2009年度の基準液柱型基準器の生産量は18台で、1台当たりの水銀量が1,500gであることから、2009年度において基準液柱型基準器の生産のために用いられた水銀量は、

$$18 \times 1,500\text{g} = 27\text{kg}$$

と推定される。

なお、基準液柱型基準器も汎用品ではないことから、国内出荷量は国内生産量と同じと考えられる。また、輸出入に関する統計データがなく、数量は不明である。

②累積製品中の水銀量

ユーザーでの使用・環境条件により製品の寿命が大きく異なるため、製品寿命の把握は難しい。なお、1998年から2008年までの水銀使用量は3,216kgである（出典；日本圧力計温度計工業会）。

③回収

国内のメーカー各社は、製品に「水銀含有又は水銀使用」の表示を行っており、取扱時、製品の廃棄時の注意喚起をしている。また、修理・校正時には古くなった水銀が発生するが、会員企業が不良品、破損品、又は廃棄する場合は、水銀を調達している商社を経由して野村興産に委託処理しているが、回収量は不明である。

④今後の需要の動向と代替可能性

計量法に定められている 220kPa 以下の基準器については、気体式のものもあるが、操作性、設備費用が高額等の点から代替品としては不十分であり、今後も、一定の需要は見込まれる。

2) ガラス製基準水銀温度計

種々の温度計の製造時の検査、修理などに、また都道府県の検定所、適正計量管理事業等における検定、検査に必要な基準器であり、ガラス製基準温度計は零点降下、経年変化、アルカリ溶出量が極めて少ない安定した材料（例、パイラスガラス）で作られた示度の正確なもので、一般的な形状は、二重管式で全長 400mm、外径 10mm、温度範囲は $-56 \sim 360^{\circ}\text{C}$ である。独立行政法人産業技術総合研究所の基準器検査成績書が付き、有効期間は 5 年間で、5 年毎に検査が必要である。

$-38 \sim 56^{\circ}\text{C}$ の低温では水銀が凝固点をこえるため、 -38°C 以下の感温液として、タリウム金属を混合し -59°C まで凝固しないようにしたものを使う。

①国内生産・国内出荷・輸出入

データはない。

②累積製品中の水銀量及び回収

累積製品中の水銀量及び回収に関する統一的なデータはないが、現在約 1,000 本が国内で使用されているとの見方がある。1 本当りの水銀量は約 5 g であることから、累積製品中の水銀量は、約 5 kg と推測される。なお、基準器以外では標準ガラス製水銀温度計（水銀量約 4 g/本）が使用されている。

③代替可能性

ガラス製基準温度計には、基準水銀温度計、ガラス製基準体温計、基準ベックマン温度計があるが、その特性から、代替可能性はない。

3.6 分析機器

社団法人日本分析機器工業会では、以下のような見解を述べている。

分析機器は、物質の組成・性質・構造及び状態などを測定するための機械器具や装置であり、様々な分野で必要不可欠な機器となっている。表 3.6.1 に示すように大別される。

表 3.6.1 分析機器の分類

分野	概要
ラボ用分析機器	学校、官公庁、各種産業等の試験・研究機関や現場などにおいて、科学の発展、研究開発、製造の工程管理や品質管理用として用いられている。主に電気化学、光学、電磁気学などを応用した機器で、pH メーターから電子顕微鏡など多種多様なものがあり、その生産額は分析機器生産高の 70%を占めている。
プロセス用分析機器	浄水場、下水処理場や各種工場現場などに設置して、連続または簡捷的に測定する自動化された分析機器で、製造・処理工程の管理などに使用される。
環境(公害)用分析機器	地球環境保全や健康な日常生活を維持するため装置で、測定対象により大気汚染分析装置、水質汚濁分析装置、自動車排気ガス分析計、悪臭分析装置がある。市街に設置されている環境モニターも含まれる。
作業環境用・保安用分析機器	作業環境を一定の安全衛生基準に維持またはチェックするための分析機器で、携帯用の検知器や可燃性のガスの自動漏洩検知機などがある。
医用分析機器	病院の中央検査室や臨床検査センターなどで、患者の血液、尿、髄液などに含まれる各種成分の定量を行うもので、その結果は診断や治療にフィードバックされる。特徴として、少ない分析用試料で多項目の成分を迅速に分析することができる。また、薬理効果を調べたり、人体の代謝構造の研究にも使用されている。

出典：社団法人日本分析機器工業会

環境規制においては、分析機器は規制遵守の監視に必要な不可欠のものとなっている。水銀も欧州などの環境規制において対象物質となっているが、製品中の水銀含有量などの分析用分析機器において、必要不可欠かつ代替不可能な材料として水銀が使用されている例がある。また、各分野の重要な素材の研究又は品質管理にも、水銀を使用した分析機器が使用されている。

一方、欧州環境規制では、規制対象物質を一律に適用するのではなく、人の健康や安全に係る用途、現在の技術で代替不可能な用途については、適用に例外が設けられており、水銀に関しても、必要不可欠な用途への例外的使用が認められている。

水銀は分析機器の検出器の光源、触媒などに用いられている。また、水銀は水銀量測定の校正に不可欠であり、水銀の代替が困難な分析機器は多い。以下のその一例を挙げる。

1) 原子吸光光度計及び原子蛍光光度計用水銀ランプ（ホローカソードランプ及び低圧水銀放電管）

欧州環境規制である「RoHS 指令」において、水銀は規制対象項目であり、その含有量の測定方法には、IEC62321：2008 で認めている「原子吸光法」が使用されている。

原子吸光法は、高感度であること、操作が簡便であること、運用コストが低く、経済的であることなどの理由により、世界中で広く使われている。この分析に用いる「原子吸光光度計」には、光源として「水銀ランプ（ホローカソードランプ及び低圧水銀放電管）」が使われている。この他、水銀ランプを光源として用いた分析機器による分析方法には「原子蛍光法」がある。

水銀ランプ（ホローカソードランプ及び低圧水銀放電管）は、その輝線を水銀の測定に用いており、他のランプあるいは他の技術に代替することは極めて困難である。

2) 細孔分布測定装置に用いる水銀

細孔分布測定装置は、水銀を粉体・多孔体の細孔に圧入してその分布を測定する装置である。水銀は他の物質に比べて表面張力が極めて高く、幅広い径の細孔分布を精度良く測定することができる。主として使われる分野は、セラミックス、吸着剤・充填剤、触媒、電池材料、建材など、日本が先進的な役割を果たしているさまざまな産業での開発及び品質管理などで使用されている。

水銀の表面張力と同等の特性を持つ物質は存在しないため、他の物質で代替することは極めて困難である。

3) 分析機器校正用の水銀・水銀化合物を含んだ標準試料

水銀量の測定のためには、水銀元素固有の物理現象を用いて、分析機器を校正することが必要であるために、水銀・水銀化合物を含んだ標準試料の他への代替が不可能である。

4) 代替可能性

以上のように、環境分析分野をはじめ様々な領域で重要な役割を担っている分析機器において、水銀の代替が不可能な場合がある。また、分析機器に用いる水銀・水銀化合物については、我が国だけでなく、海外の分析機器ユーザーにとっても、必要不可欠なものであり、国際間の流通が妨げられないように、適用除外などの特例が考慮される必要がある。

3.7 医療用計測器・医療機器

1) 水銀体温計

①国内生産・国内出荷・輸出入

表 3.7.1 に示すように 2008 年(平成 20 年)薬事工業生産動態統計年報では、水銀体温計(番号 060202020)に関して、生産、輸入、国内出荷、輸出ともに記載がない。2007 年(平成 19 年)の水銀体温計の国内生産量は、国内で 425 千本と前年の 3 分の 2 となっている。

体温計中の水銀量は、毛細管の径により内容量が異なるためにバラツキがあるが、1本当たりの水銀量を0.75 gと推測されている。これに基づいて算出すると、2007年には319 kgの水銀が使用されたものと推定される。

表3.7.1 水銀体温計の生産・出荷・在庫・輸出入の状況 (単位:本数)

年(CY)	2006年	2007年	2008年 ¹⁾	2009年
生産数量(千本) (推定水銀量kg)	638 (479)	425 (319)	統計未発表	2009年3月で、 社団法人日本 計量機器工業 連合会加盟企 業での水銀体 温計の生産は 終了してい る。
輸入数量(千本) (推定水銀量kg)	74 (56)	57 (43)		
出荷数量(千本) (推定水銀量kg)	729 (547)	555 (416)		
輸出数量(千本) (推定水銀量kg)	54 (41)	8 (6)		
在庫数量(千本) (推定水銀量kg)	102 (77)	15 (11)		

出典：生産、輸入、出荷、輸出、在庫の各数量：薬事工業生産動態統計年報

推定水銀量：1本当りの水銀量0.75 g/本(日本医療機器産業連合会資料)を基に推定

水銀体温計の輸入について、メーカーによれば、「TOPオープン（水銀柱内に水銀を封入し、ガラスの先端を溶着した半製品。これを、測定によって示度を割り出し、度板を糊付けして完成品とする）」を輸入している場合があるところ、これは上記の輸入数量には含まれていない。TOPオープンは、薬事上では部材扱いになり、医療機器で要求される外国製造業者認定が不要であることから、薬事工業生産動態統計に表れてこないことによる。なお、検定前の完成品や指定製造事業所で製造された完成品を輸入する場合は、外国製造業者認定が必要になることから、これらの輸入は輸入統計に含まれることになる。

【水銀体温計の出荷先】

社団法人日本計量機器工業連合会によれば、水銀体温計の出荷先は、平成18年の出荷数量ベースで、56.7%が薬局・ドラッグストア向け、33.3%が病院向け、10.0%がその他となっている。

②累積製品中の水銀量

現在のところ、不明である。

③廃製品の回収状況

【水銀体温計の検査及び不合格品等の処理】

水銀体温計は全数検定を受けなければならない。検定方式には、指定された検定所での検定と、自己検定の2とおりがある。検定不合格品及び市場からの返品は、メーカーが回収し、水銀付きガラスとして専門業者にその処理を委託する。処理業者は、水銀を回収した上で、ガラスや度板（紙）を焼却処理する。当該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取扱われる。

【使用済水銀体温計の処理】

一般家庭で発生した水銀体温計は、一般廃棄物として自治体が回収している。自治体によって分別排出の仕組みが異なるが、使用済蛍光灯と一緒に処理している場合が多い。また、医療機関からのものは、医療機関ごとに廃棄物として処理している。

いずれにしても、廃製品からの水銀の回収量は不明である。

④国内需要の動向と代替可能性

表 3.7.2 に示すように 2002 年から 2007 年でみると国内生産量は減少している。これは、水銀体温計から電子体温計への切り替えが進んでいるためと考えられる。表 3.7.3 のように 2008 年では、電子体温計が国内出荷量の 93.9%を占めている。

なお、ドイツではガラス製水銀温度計のうち、水銀の代替製品としてガリNSTAN合金を使用した一般用体温計を製造・販売しているメーカーがある。

以上のように電子体温計への移行や水銀非使用の体温計の開発が進んでいることから、水銀体温計の代替可能性はあると判断される。

表 3.7.2 水銀体温計の生産量

年(CY)	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年 ²⁾
生産量(千本)	724	1,425	1,056	783	638	425
水銀使用量(kg) ¹⁾	543	1,069	792	587	479	319

出典：環境省、平成20年度 第1回有害金属対策基礎調査検討会配布資料4.2

1) 0.75 g/本として算出

2) 薬事工業生産動態統計年報

表3.7.3 体温計の国内出荷量

年(CY)	単位	生産	輸入品	国内	国内割合	輸出
水銀体温計	千個	—	—	—	—	—
電子体温計	個	2,813,377	5,209,510	6,177,375	93.9%	145,700
深部体温計	個	217,720	251,067	275,950	4.2%	160,500
その他の体温計及び関連機器	個	230	172,011	123,754	1.9%	—

出典：薬事工業生産動態統計年報

2) 水銀式血圧計

①国内生産・国内出荷・輸出入

水銀式血圧計の生産量は、薬事工業生産動態統計年報（厚生労働省）によると、表3.7.4のとおりである。血圧計も体温計と同様に、電子式が普及するにつれて、生産量が減少している。血圧計柱の水銀量を平均で3.5 ml（重量約50 g/個）と仮定すると、2008年には1,680 kgの水銀が使用されたと算出される。

表3.7.4 水銀式血圧計の生産量

年(CY)	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年
生産数量(個) (推定水銀量kg)	92,954 (4,648)	83,739 (4,187)	76,985 (3,849)	39,709 (1,985)	29,640 (1,482)	28,907 (1,454)	33,606 (1,680)
輸入数量(個) (推定水銀量kg)					11,161 (558)	5,529 (276)	7,241 (362)
出荷数量(個) (推定水銀量kg)					23,124 (1,156)	18,963 (948)	17,469 (873)
輸出数量(個) (推定水銀量kg)					18,090 (905)	14,719 (736)	23,370 (1,169)
在庫数量(個) (推定水銀量kg)					847 (42)	349 (17)	325 (16)

出典：生産、輸入、出荷、輸出、在庫の各数量：薬事工業生産動態統計年報

推定水銀量：1本当りの水銀量0.75 g/本(日本医療機器産業連合会資料)を基に算出

②累積製品中の水銀量

日本医療機器産業連合会では、表 3.7.5 に示す販売数量（輸入+国内生産の合計と考えられる）を基に、薬事工業生産動態統計年報の国内販売と輸出の割合より国内販売の割合を50%とし、まず国内販売数量を推定している。

次に、水銀式血圧計の平均寿命を10年、販売後20年で残存数が0になるとし、かつ直線的に減少すると仮定すると、販売後T年後の残存数Nは、次式で表されるとして推定している。

$$\text{残存数 } N = NO \times (1 - 1/20 \times T)$$

NO：ある年の販売数量

T：経過年数

その結果、2010年4月1日現在、水銀式血圧計の累積量は約358千台、水銀量は約17.8tと推計された。

表 3.7.5 水銀式血圧計の国内販売数量と残存数の推定

年度	販売数量 (台) ¹	国内販売数量 (台) ²	残存数 N (台)
1990	96,980	48,490	0
1991	96,980	48,490	2,425
1992	96,980	48,490	4,849
1993	96,980	48,490	7,274
1994	96,980	48,490	9,698
1995	96,980	48,490	12,123
1996	96,980	48,490	14,547
1997	96,980	48,490	16,972
1998	75,080	37,540	15,016
1999	74,930	37,465	16,859
2000	80,570	40,285	20,143
2001	81,950	40,975	22,536
2002	69,470	34,735	20,841
2003	69,064	34,532	22,446
2004	75,403	37,702	26,391
2005	69,666	34,833	26,125
2006	70,060	35,030	28,024
2007	69,456	34,728	29,519
2008	66,630	33,315	29,984
2009	65,200	32,600	30,970
2010	63,900		
2010年4/1現在 Hg (kg)			356,739 17,837

出典：販売数量：日本医療機器産業連合会による推計

1) 株式会社矢野経済研究所発行 2009年「2008～2009年版 機能別 ME 機器市場の中期予測とメーカーシェア」

2) 国内販売数量：日本医療機器産業連合会による推計。販売数量の50%が国内販売数量としている。

③ 廃製品の回収状況

医療機関ごとに廃棄物として処理しているが、廃製品からの回収量は不明である。

④ 国内需要の動向と代替可能性

表 3.7.6 に示すように、2008 年の水銀式血圧計の占有率は全体の 0.6% で、電子血圧計（電子非観血血圧計、電子観血血圧計）が国内出荷量の 96.8% を占めている。

以上のように電子血圧計の普及が進んでいることから、水銀体温計の代替可能性はあると考えられる。ただし、現在でも医療現場で 35 万台以上が使われている現状を考慮する必要がある。

表3.7.6 体温計の国内出荷量

年(CY)	単位	生産	輸入品	国内	国内割合	輸出
アネロイド式血圧計	個	56,349	187	56,632	0.3%	48,577
水銀柱式血圧計	個	33,606	7,241	40,839	0.6%	23,370
電子非観血血圧計	個	745,264	3,030,612	3,856,911	63.2%	1,868,266
電子観血血圧計	個	42,959	1,068,703	1,055,611	33.6%	—
非観血連続血圧計	個	—	—	—	0.0%	—
その他の血圧計	個	25,818	51,593	75,806	2.4%	293

出典：薬事工業生産動態統計年報

3) 医療機器

医療機器で水銀を使用しているものに、自動腹膜透析装置、透析装置、血液浄化装置、デンタルユニット、視覚検査装置、電動式深視力計、各種照明（液晶バックライト）、紫外線治療器がある。表 3.7.7 に示すように、紫外線治療器の紫外線ランプ、傾斜センサーを用いている自動腹膜透析装置のほかは、液晶ディスプレイのバックライトに後述するような冷陰極蛍光ランプを用いている場合、電源にボタン形電池を用いている場合がある。ランプやボタン形電池については代替可能性があると考えられるが、コスト面での対応や切り替えのための設計変更などが必要であるという点と、医療機器であるという特性を十分に考慮する必要がある。

表 3.7.7 その他の医療機器の概要

医療機器	医療機器の概要	水銀の用途	代替可能性
自動腹膜透析装置	腎臓の血液の浄化作用を人工的な方法でおこなう透析には、血液透析と腹膜透析がある。前者は機械に血液を通して血液をろ過するもので、後者は体内の腹膜をろ過装置として使う方法である。腹膜透析では CAPD（持続携帯式腹膜透析）という方法が一般的に行われているが、1日1回、夜寝ている間に機械（自動腹膜透析装置）を使って自動的に腹膜透析を行う APD という方法がある。	該当機器の傾斜センサーに使用されている。（3.8 項の電気スイッチを参照）	技術及びコスト面で、代替技術は開発されていない。
透析装置 血液浄化装置 その他の装置類	(略)	装置のナビゲーションに使用されている液晶ディスプレイのバックライトに水銀が使われている。	液晶ディスプレイは一般的なディスプレイであることから、これらの部品の製造企業の開発状況次第である。
血液ポンプ 輸液ポンプ	(略)	電源となるボタン形電池の一部	ポンプの機能を十分に発揮できるボタン形電池の代替技術については不明。
補聴器	(略)	電源となる空気亜鉛電池	ボタン形電池の項に示したとおり。
視覚検査装置 電動式深視力計	(略)	照明に蛍光ランプを使用。	蛍光ランプを LED に切り替えることで代替が可能であるが、設計変更などやコスト面で課題が残る。
デンタルユニット	(略)	フィルムビューアーの内部に蛍光ランプを使用。	LED 化等で代替可能。
紫外線治療器	(略)	特定波長の紫外線を発生させる紫外線ランプ	紫外線 LED の開発次第であるが、現状では代替技術はない。

《自動腹膜透析装置》

・製品の概要

本装置は、自動腹膜灌流に用いる器械であり、専用ディスプレイセットを取り付け、透析条件を設定後、自動操作と自動制御により透析液の注入、貯留、排液を繰り返し、腹膜透析を行う装置である。

- ・国内メーカー：1社
- ・国内生産額（19年度～21年度）：完成品を輸入しており、国内生産はしていない。
- ・国内市場規模（19年度～21年度）：腹膜透析患者の80%以上。
- ・業界全体としての影響

腹膜透析装置の水平を確認するための部位に水銀が使用されている。水銀を使用して装置の水平を確認している腹膜透析装置は、この1社のもののみと考えられる。また、このメーカーは腹膜透析関連装置、腹膜透析液及びチューブ等のディスプレイ製品に対し80%以上のシェアを占めている。上記のいずれの製品も他社製品間での互換性はなく、透析装置を他社製品に変更すると、関連製品も全て同一社製のものに切り替える必要が生じる。また、最も効率よく透析を行える透析液は、このメーカーのみが承認を取得しており、特許及び医薬品再審査期間との関係で他社が同様の腹膜透析液腹膜透析を発売することは出来ないことになっている。

- ・患者への影響

腹膜透析は、患者が在宅で行う治療であり、患者が装置の使用法、接続チューブの接続方法等に習熟することがこの治療を安全に継続していくことにつながる。一方、対象となる患者の多くは高齢者であり、長年慣れ親しんだ製品から、他社製品への切り替えについては、操作等に対する不安等より相当の抵抗が予測される。

- ・代替可能性

こうした点より、水銀の使用が直ちに中止されることは在宅治療として普及が求められている腹膜透析治療に対して、甚大なる影響があると予測される。

メーカーとしては、代替技術については、今後、本社と、技術の有無及び腹膜透析装置への利用が可能か否か検討を行っていきたいと考えているとのことである。しかしながら、水銀使用部分は腹膜透析装置の一部として組み込まれており、代替技術にした場合には、装置全体のデザインの変更、動作保証等の確認が必要となる。このような変更には、薬事法上の承認が必要となる場合がある。こうした場合には、承認取得まで数年を要することが予測される。

以上より、水銀の使用については時間的に猶予ある対応なしには医療上大きな問題が発生することが確実視される。

3.8 電気スイッチ及びリレー

これには、水銀スイッチ及び水銀リレーが含まれる。水銀スイッチには、表 3.8.1 のような種類と用途がある。

表 3.8.1 水銀スイッチの種類

種類	用途例
傾斜スイッチ ¹⁾	工業用（製造設備、コンベヤー制御、速度制御、フットペダル、石炭レベルのモニタリング、建設機械、クレーン、ボーリング用ホイスト、傾斜台等）、農業用（トラクター、コンベヤー制御、食品加工、サイロ、穀物レベルのモニタリング）、海洋用（はしご制御、深海操作機等）、医療用（X線照射機、MRI スキャナー、ポジション制御、車いす等）
フロートスイッチ	工業用（加工液体、廃棄物処理、エアコン、半導体製造、自動メッキ機等）、住宅用（排水ポンプ、セプティックタンク、温水ヒーター、自動式衛生器具等）、海洋用（ビルジポンプ、シャワーポンプ、下水処分、バランスタンク等）、自治体用（ポンプステーション、下水処理場等）
温度スイッチ	冷蔵機器、換気機器、アラームシステム、発電機、コンベヤー、モーター、プレス、混合機、電気器具、自動販売機など
圧力スイッチ	圧力のモニタリング・制御のため、暖房、換気、エアコン、工業、医療、自動車、電気機器、安全機器など

出典：UNEP(DTIE)Hg/OEWG.2/7/Add.1)

1) 水銀傾斜スイッチは、ガラス製容器内に封入した少量の水銀が容器の傾きによって移動し、端子と接触して通電する仕組みで、転倒や傾きを検知する用途に用いられる。米国ではトランク内照明に使用されていたが、日欧自動車メーカーはこれまで水銀スイッチを使用していない

また、水銀リレーの用途としては、工業用（ケーブルテスター、サーキットテスター、射出成型機、キルン、インク温熱、真空形成、はんだシステム、半導体加工等）、宇宙用（主電源スイッチ、モーター制御スイッチ、強電流スイッチ、計器盤、代替電源スイッチ、アンテナ転換、チャンネル選択）、食品・飲料用（食品加工機、揚げ物鍋、ピザオーブン、オーブン、電気グリル、食洗機）、医療用（手術器具、X線機器制御、エネルギー管理システム、手術用照明）、通信用（無線通信路スイッチ、テストパネル、通信回路基板、負荷開閉器、ラジオステーション、入出力カード、制御パネル交換、アンテナスイッチ、ループ電流テスト）などに用いられる（出典：UNEP(DTIE)Hg/OEWG.2/7/Add.1）。

①用途の例

《自動腹膜透析装置用電気スイッチ及びリレー》

3.7 項3) の医療機器にも記したように、腹膜透析用の装置である自動腹膜透析装置において、装置の傾斜を感知するスイッチに用いられている。

《自動車用エアバッグセンサー、自動車用 ABS センサー及びその他》

過去に生産・販売した車両について、エアバッグや ABS のセンサーに水銀を使用しているものがある。

自動車用水銀スイッチに関して、米国ではトランク内照明に使用されていたが、日欧自動車メーカーはこれまで水銀スイッチを使用していない。

《冷蔵庫》

日本では、冷蔵庫で使用しているものがある（出典：中央環境審議会廃棄物リサイクル部会家電リサイクル制度評価小委員会第8回資料3参考資料）。

②代替可能性

《自動腹膜透析装置用電気スイッチ及びリレー》

3.7 項 3) の医療機器にも記したように、現在のところ、代替技術等がない。その理由は、米国本社から輸入している企業の製品が国内市場の 80%以上を占めており、もし、供給がストップとなれば、在宅患者に多大な影響を与えるからである。

《自動車用エアバッグセンサー、自動車用 ABS センサー及びその他》

水銀レス化の対応ができていない旧型車については、補修用部品で水銀添加製品の流通・販売が必要となるが、旧型車用補修用部品の水銀の削減は単純に代替材への切り替えでの対応ができないことから、現状では代替性はない。

3.9 電球類

①電球類の分類と構造

電球類は表 3.9.1 のように、まず水銀添加の有無によって分けることができ、水銀添加ランプとしては、蛍光ランプ、冷陰極蛍光ランプ、高輝度放電(HID)ランプに分けられる。

表 3.9.1 電球類の分類

水銀の有無	ランプの種類	用途	主な機種・タイプ	特殊用途の例
水銀添加	蛍光ランプ	一般照明用途	直管蛍光ランプ	/
			環形蛍光ランプ	
			コンパクト形蛍光ランプ	
			電球形蛍光ランプ	
	冷陰極蛍光ランプ	バックライト用	直管、L字形ほか	液晶バックライト用
		特殊用途		非常灯・誘導灯用 その他
	高輝度放電(HID)ランプ	一般照明用途	高圧放電ランプ	/
			メタルハライドランプ	
			高圧ナトリウムランプ	
		特殊用途	高圧放電ランプ	自動車用
メタルハライドランプ			半導体・液晶製造プロセス用 プロジェクター用	
高圧ナトリウムランプ			紫外線硬化用 殺菌・洗浄用 露光用 植物育成用 イカ釣り用 その他	
水銀無添加	白熱電球			
	ハロゲン電球			
	LED モジュール/ランプ			
	放電ランプ	低圧ナトリウムランプ	プロジェクター/映写機用 等	
		キセノンランプ		

出典：社団法人日本電球工業会

②累積製品中の水銀量

品目によって寿命が異なり、販売(出荷)された年によって水銀含有量が異なる場合があるため、品目毎に、寿命期間内において、過去の年間販売量にその年の単位製品中の水銀含有量を乗じたものを、寿命期間内において過去から現在までを合算した推計値としている。

《蛍光ランプ》

国内市場に累積される量：蛍光ランプの平均的な製品寿命を約 4 年（ランプ寿命 1 万時間／年間使用時間 2,500 時間）と仮定。従って、2009 年末の累積製品中の水銀量は、2006～09 年に出荷した数量とし、この間の水銀量の累計（表 3.9.2 の網がけ部）としている。

$$2,524 + 2,390 + 2,112 + 2,088 = 9,114 \text{ kg}$$

表 3.9.2 蛍光ランプの年間国内販売数量

	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年
a 国内販売数量 ¹⁾ (千本)	329,106	338,293	341,101	331,937	315,265	290,044
b 1 本当たりの水銀量(mg)	8.0	7.5	7.4	7.2	6.7	7.2
水銀使用量(kg) a×b	2,633	2,537	2,524	2,390	2,112	2,088

出典：社団法人日本電球工業会

1) 2004-2009 年は、経済産業省機械統計の販売数量から日本電球工業会自主統計の輸出数量を差し引いたもの。

《冷陰極蛍光ランプ（バックライト）》

冷陰極蛍光ランプの平均的な製品寿命を約 15 年（ランプ寿命 4 万～5 万時間／年間使用時間 3,000 時間）と仮定するが、冷陰極蛍光ランプが使われている液晶テレビや液晶ディスプレイの出荷数量とこれらの寿命に依存すると考えられる。参考までに、冷陰極蛍光ランプの販売数量等を表 3.9.3 に示した。

表 3.9.3 冷陰極蛍光ランプの年間国内販売数量

	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年
a 国内販売数量 ²⁾ (千本)	302,315	425,318	514,814	503,126	565,841	394,876
b 1 本当たりの水銀量(mg)	2.4	2.8	3.0	3.1	2.9	3.0
水銀使用量(kg) a×b	726	1,191	1,544	1,560	1,641	1,185

出典：社団法人日本電球工業会

2) 2004-2009 年は、経済産業省機械統計の販売数量（輸出を含む）による。

《HID ランプ》

国内市場に累積される量：HID ランプの平均的な製品寿命を約 4 年（ランプ寿命 1 万 2 千時間／年間使用時間 3,000 時間）と仮定。従って、2009 年末の累積製品中の水銀量は、2006～09 年に出荷した数量とし、この間の水銀量の累計（表 3.9.4 の網がけ部）としている。

$$680 + 679 + 655 + 465 = 2,449 \text{ kg}$$

表 3.9.4 HID ランプの年間国内販売数量

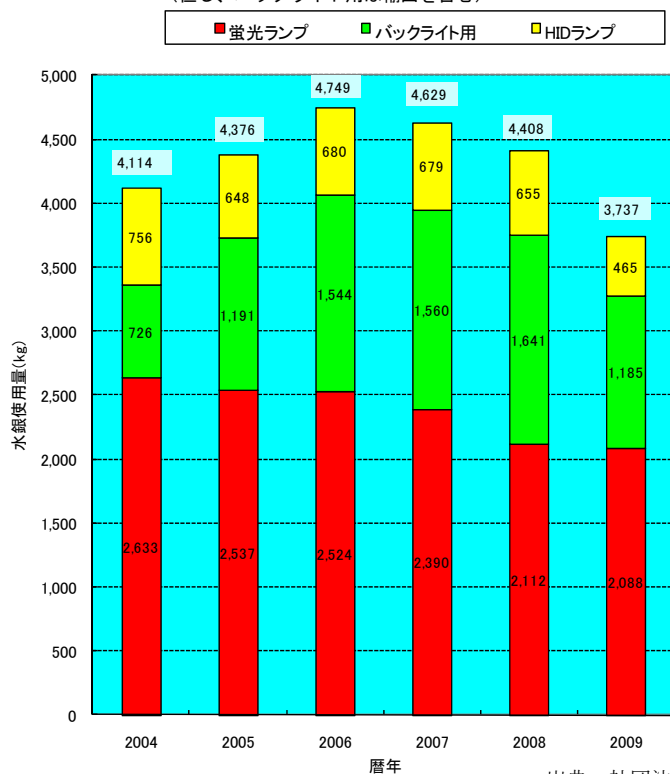
	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年
a 国内販売数量 ³⁾ (千本)	9,564	9,602	10,049	9,961	10,078	8,266
b 1 本当たりの水銀量(mg)	79.0	67.5	67.7	68.2	65.0	56.2
水銀使用量(kg) a×b	756	648	680	679	655	465

出典：社団法人日本電球工業会

注 3：2004-2009 年は、経済産業省機械統計の販売数量から日本電球工業会自主統計の輸出数量を差し引いたもの。

以上のランプについて、2004 年から 2009 年までの年間国内販売数量からみた年間水銀使用量の推移をランプ別に積算すると、図 3.9.1 に示すように、2006 年をピークに減少に転じている。

ランプの年間販売数量からみた水銀使用量推移
(但し、バックライト用は輸出を含む)



出典：社団法人日本電球工業会

図 3.9.1 ランプの年間国内販売数量からみた水銀使用量推移

③今後の国内需要の動向

ランプ別の年間販売数量の推移を見ると、図 3.9.2 に示すように、水銀添加製品は全般に減少傾向を示しており、中でもバックライトが急激に減少している。

《蛍光ランプ》

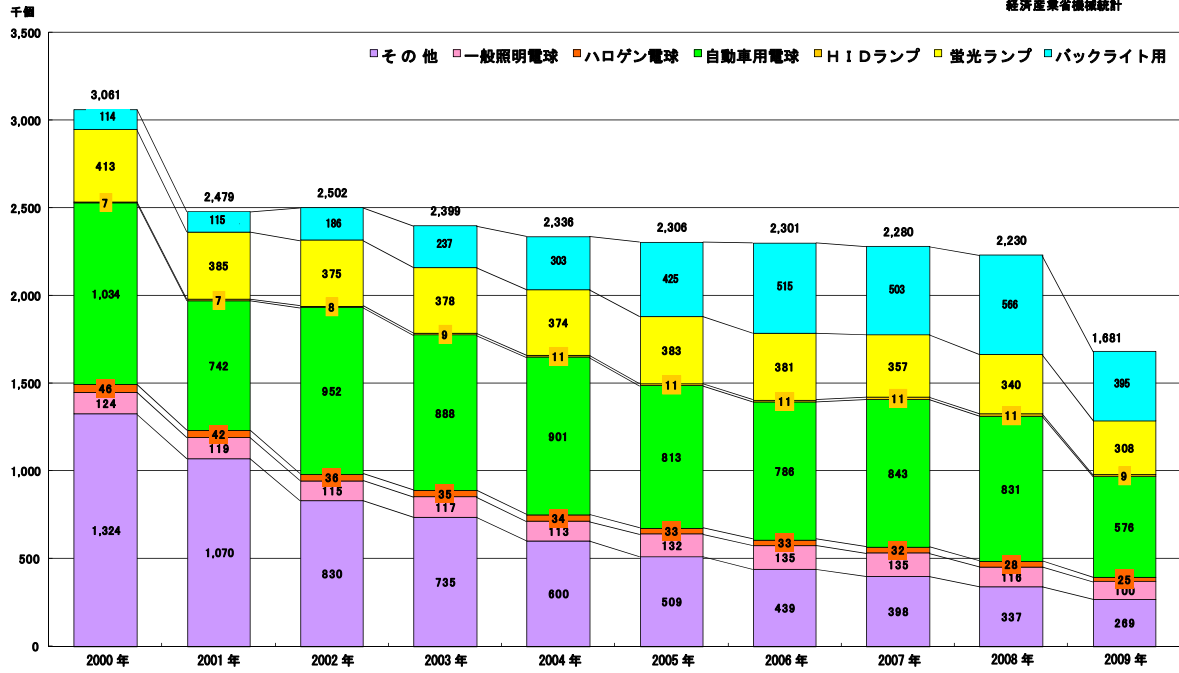
一般蛍光ランプ、コンパクト形蛍光ランプの LED 照明への切り替え及び改正 RoHS 対応のための水銀封入量の減少が進み、2015 年以降の予測では、蛍光ランプの年間水銀使用量は $177,192 \text{ 千本} \times 0.005 \text{ g/本} = \text{約 } 886 \text{ kg}$ と見積もられて、2009 年比約 39%の減少が予想されている。

《冷陰極蛍光ランプ》

2009 年以降 LED への切り替えが急速に進展し、世界市場規模では 2009 年～2015 年で約 84%減とされ、2015 年の年間水銀使用量は約 194 kg と推定されている。また、2020 年には水銀を使用する製品はなくなるとも予測されている。

《HID ランプ》

LED 照明への切り替えによる需要減少が進む。特に、効率の低い高圧放電ランプなどの減少が大きい。また、RoHS 規制対応で水銀の減量化も進み、2015 年の年間水銀使用量は、約 311 kg (= $6.619 \text{ 千本} \times 47 \text{ mg/本}$) で、2009 年比約 20%減と予想されている。



出典：社団法人日本電球工業会調べ

図 3.9.2 ランプの年間国内販売数量の推移

④ランプの水銀量低減の推移

表 3.9.5 に過去 10 年間の水銀添加ランプの製造工程における 1 本当りの平均水銀使用量の推移を示している。いずれも年間水銀使用量が減少している。蛍光ランプについては、図 3.9.13 に示す定量封入技術等の開発により、図 3.9.14 に示すように年々減少し、現在ではほぼ限界にまで達しているが、今後も継続した努力によりさらなる低減を目指している。なお、冷陰極蛍光ランプについては、液晶テレビの大型化に対応してバックライトも大型化しているため、1 本当りの水銀使用量が増加傾向を示している。

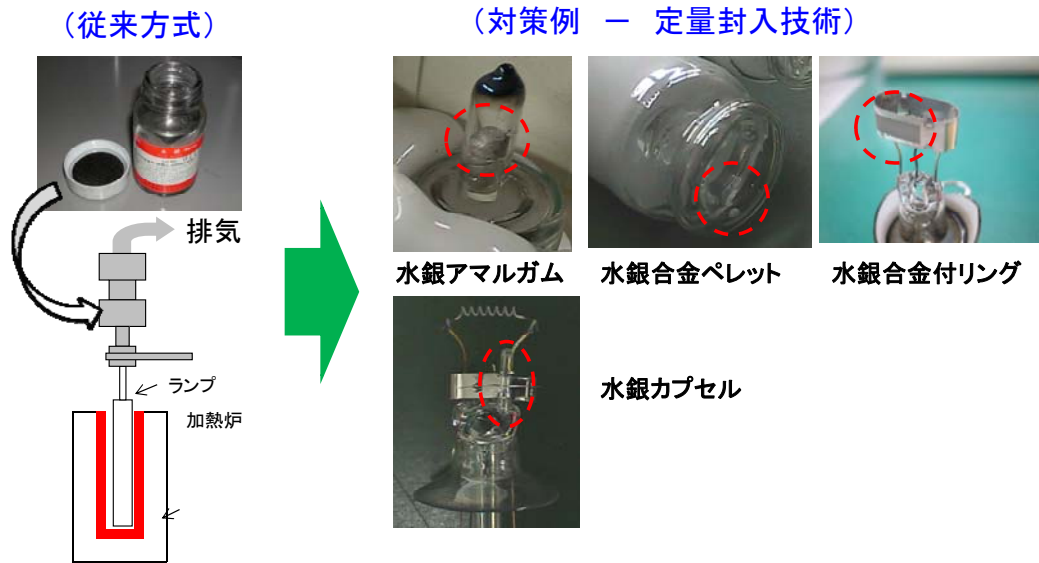
表 3.9.5 ランプ別の 1 本当りの水銀使用量推移

		2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年
蛍光ランプ	a.生産数量 ⁽¹⁾ (千本)	403,370	382,288	361,926	366,810	364,809	361,211	367,352	310,530	279,295	240,303
	b.1本当りの 水銀量(mg)	10.6	10.6	9.2	8.5	8.0	7.5	7.4	7.2	6.7	7.2
	水銀使用量 (kg) a×b	4,276	4,052	3,330	3,118	2,918	2,709	2,718	2,236	1,871	1,730
		2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年
冷陰極 蛍光ランプ	a.生産数量 ⁽¹⁾ (千本)	136,619	152,184	233,320	306,987	403,750	498,168	620,106	607,100	581,608	387,139
	b.1本当りの 水銀量(mg) ⁽²⁾	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.8	3.0	3.1	2.9	3.0
	水銀使用量 (kg) a×b	321	362	562	745	985	1,386	1,849	1,877	1,692	1,154
		2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年
HIDランプ	a.生産数量 ⁽¹⁾ (千本)	6,524	5,731	5,940	7,641	9,532	9,284	9,865	10,017	10,108	7,642
	b.1本当りの 水銀量(mg)	125.0	113.0	102.0	90.0	79.0	67.5	67.7	68.2	65.0	56.2
	水銀使用量 (kg) a×b	816	648	606	688	753	627	668	683	657	429

出典：社団法人日本電球工業会

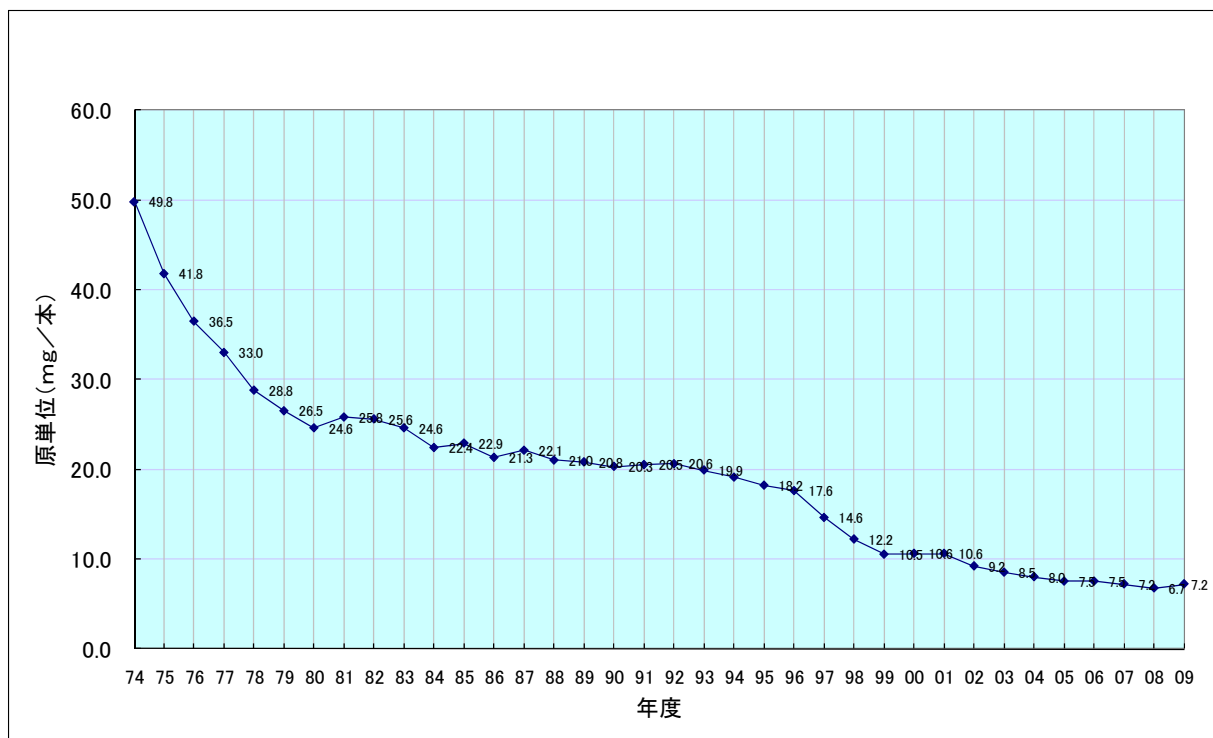
注) 「a.生産数量」：経済産業省機会統計

注) 冷陰極蛍光ランプにおける 2005 年以降、1 本当りの水銀量が増加しているのは液晶 TV 用の増加による



出典：社団法人日本電球工業会調べ

図 3.9.3 蛍光ランプにおける水銀封入技術の開発



出典：社団法人日本電球工業会

図 3.9.4 蛍光ランプの 1 本当たりの平均水銀使用量の推移

⑤代替可能性

水銀添加ランプの中では、一般照明用途向けの蛍光ランプ及び HID ランプ、バックライト用の冷陰極蛍光ランプ、また一部の自動車のヘッドライト等においては、従来の水銀添加ランプに替わって代替製品（無水銀化製品）の LED 照明（図 3.9.5 参照）が普及し始めている。

電球形LEDランプの例



LED照明器具の例



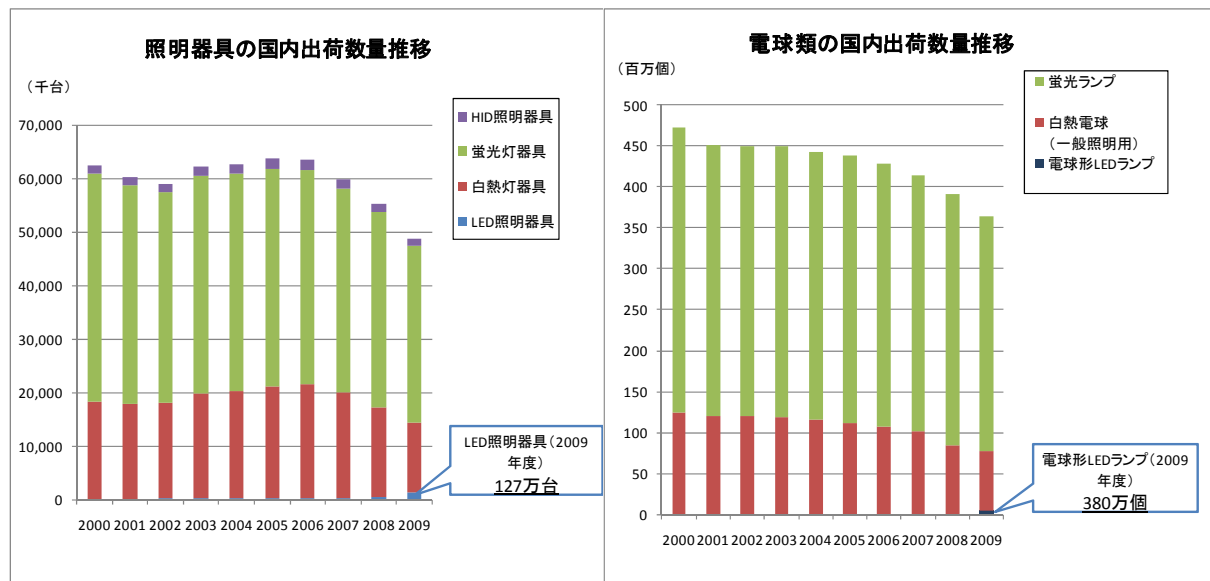
LEDバックライトの例



出典：社団法人日本電球工業会

図 3.9.5 LED 照明の開発例

図 3.9.6 に照明器具における電球別の出荷量と電球類の出荷量推移を示している。2009 年はまだ数%に過ぎないが、今後の省エネ製品への関心の高まりから、急激に増大するものと予想される。



出典：社団法人日本電球工業会調べ

図 3.9.6 電球の種類別の照明器具及び電球類の出荷量推移

⑥回収状況

《蛍光灯》

家庭からの蛍光灯は分別収集され、自治体が回収している。2008年度で全国183団体が回収を実施し、水銀回収施設に送っている。また、事業所からの蛍光灯は、産業廃棄物として回収、処理されている。

地方自治体が回収した蛍光灯からの水銀回収量は、2003年から2007年の平均で0.2t/年である。一方、産業廃棄物として処理された蛍光灯からの水銀回収量は不明である。

《冷陰極蛍光灯》

一般家庭用テレビ、パソコンのディスプレイは、家電リサイクル法に基づき、製品業者が回収処理しているが、水銀回収量は不明である。また、事業所から排出されるテレビ、パソコンの回収量も不明である。なお、台数としては小さいが、工業用計測器や医療用計測器等の液晶ディスプレイの回収状況も不明である。

《HID ランプ》

HID ランプは、道路照明、公園・広場・工場等の照明、商業施設やスポーツ施設等の大規模施設の照明に使用されている。HID ランプの回収については、事業所から発生する廃棄物と同様の処理が考えられる。国内で年間に発生する廃棄量については、HID ランプの場合、その年の約4年前に出荷したものが廃棄されていると考えられ、ここ数年の年間国内出荷量に大きな変動は無いため、年間国内出荷量≒その年の年間国内廃棄量と考えてよい。

⑦水銀規制への対応

表 3.9.6 に示すように、欧州の RoHS 指令における適用除外項目には、電球類に関するものがあり、水銀規制については RoHS 指令との整合性をも考慮する必要がある。

表 3.9.6 RoHS 指令における適用除外項目一覧

No	項目(英文)	項目(和訳)	対象規制物質	官報発行年月
1	Mercury in compact fluorescent lamps not exceeding 5 mg per lamp.	小型(コンパクト)蛍光灯でランプ 1 本あたり 5mg を超えない水銀	Hg	2003/1/27
2	Mercury in straight fluorescent lamps for general purposes not exceeding: - halophosphate 10 mg - triphosphate with normal lifetime 5 mg - triphosphate with long lifetime 8 mg.	一般目的で使用される直管型蛍光灯中の水銀で ・ 塩化リン酸物質の場合 10mg を超えないもの ・ 通常の耐久性を持つ三基リン酸物質の場合 5mg を超えないもの ・ 長期耐久性を持つ三基リン酸物質の場合 8mg を超えないもの	Hg	2003/1/27
3	Mercury in straight fluorescent lamps for special purposes.	特定目的で使用される直管型蛍光灯中の水銀	Hg	2003/1/27
4	Mercury in other lamps not specifically mentioned in this Annex.	本附属書で言及されていないランプ中の水銀	Hg	2003/1/27
5	Lead in glass of cathode ray tubes, electronic components and fluorescent tubes.	ブラウン管、電子コンポーネント並びに蛍光灯のガラスに含まれる鉛	Pb	2003/1/27
6	Lead as an alloying element in steel containing up to 0,35 % lead by weight, aluminium containing up to 0,4 % lead by weight and as a copper alloy containing up to 4 % lead by weight.	合金材としての鉛： ・ 鋼材の 0.35wt% までの鉛 ・ アルミ材の 0.4wt% までの鉛 ・ 銅合金中の 4wt% までの鉛	Pb	2003/1/27
7	Lead in high melting temperature type solders (i.e. lead-based alloys containing 85 % by weight or more lead),	・ 高融点ハンダの鉛(質量で 85% 以上の鉛を含む鉛ベースの合金) ・ サーバー、ストレージおよびストレージ	Pb	2003/1/27 2005/10/25

	lead in solders for servers, storage and storage array systems, network infrastructure equipment for switching, signalling, transmission as well as network management for telecommunications, lead in electronic ceramic parts (e.g. piezoelectronic devices).	アレイ・システム、交換、シグナリング、伝送および通信用ネットワーク管理のためのネットワーク・インフラ機器用のハンダに含まれる鉛 ・電子セラミック部品中の鉛（例えば、圧電デバイス）		
8	Cadmium and its compounds in electrical contacts and cadmium plating except for applications banned under Directive 91/338/EEC amending Directive 76/769/EEC relating to restrictions on the marketing and use of certain dangerous substances and preparations.	特定の危険物質および調剤の販売と使用を制限することを規定した指令 76/769/EEC を修正する指令 91/338/EEC によって禁止されている利用方法を除いた、電気接点およびカドミウムメッキに含まれるカドミウムとその化合物	Cd	2003/1/27 2005/10/25
9	Hexavalent chromium as an anti-corrosion of the carbon steel cooling system in absorption refrigerators. a. DecaBDE in polymeric applications b. Lead in lead-bronze bearing shells and bushes.	吸収型冷蔵庫のカーボンスティール冷却システムの防錆処理における六価クロム a. 高分子アプリケーション中のデカ臭化ビフェニール(デカ BDE) b. 鉛/青銅ベアリングシェル及びブッシュ中の鉛	Cr ⁶⁺ デカ BDE Pb	2003/1/27 2005/10/15
10	Within the procedure referred to in Article 7(2), the Commission shall evaluate the applications for: - Deca BDE, - mercury in straight fluorescent lamps for special purposes, - lead in solders for servers, storage and storage array systems, network infrastructure equipment for switching, signalling, transmission as well as network management for telecommunications (with a view to setting a specific time limit for this exemption), and - light bulbs, as a matter of priority in order to establish as soon as possible whether these items are to be amended accordingly.	(注) 9a、3、7 項などについての評価を行うとの内容で、除外項目ではないので省略する。	-	2003/1/27
11	Lead used in compliant pin connector systems.	コンプライアントピン・コネクタ・システムに使われている鉛	Pb	2005/10/25
12	Lead as a coating material for the thermal conduction module c-ring.	熱伝導モジュール c リング用コーティング材としての鉛	Pb	2005/10/25
13	Lead and cadmium in optical and filter glass.	光学ガラスおよびフィルター・ガラスに含まれる鉛およびカドミウム	Pb Cd	2005/10/25
14	Lead in solders consisting of more than two elements for the connection between the pins and the package of microprocessors with a lead content of more than 80 % and less than 85 % by weight.	質量で 80% 超かつ 85% 未満の鉛含有量のあるマイクロプロセッサのピンとパッケージ間の接続用の 2 種を超える元素から成るハンダに含まれる鉛	Pb	2005/10/25
15	Lead in solders to complete a viable electrical connection between semiconductor die and carrier within integrated circuit Flip Chip	集積回路「フリップ・チップ」パッケージ内の半導体ダイ (die) とキャリア間の持続可能な電気接続を完全にするためのハンダに含まれる	Pb	2005/10/25
16	Lead in linear incandescent lamps with silicate coated tubes.	珪酸塩でコーティングした棒状の白熱ランプ管に含まれる鉛	Pb	2006/4/28
17	lead halide as radiant agent in High Intensity Discharge (HID) lamps used for professional reprography applications.	業務用複写機器に使用される高輝度放電 (HID) ランプに発光物質として使用しているハロゲン化鉛	Pb	2006/4/28
18	Lead as activator in the fluorescent powder (1 % lead by weight or less) of discharge lamps when used as sun tanning lamps containing phosphors such as BSP (BaSi2O5:Pb) as well as when used as speciality lamps for diazo-printing reprography, lithography, insect traps, photochemical and curing processes containing phosphors such as SMS	BSP (BaSi2O5:Pb) などの蛍光体を使用する日焼け用ランプおよび、SMS ((Sr,Ba)2MgSi2O7:Pb) などの蛍光体を使用する、ジアゾ複写、リソグラフィ、捕虫器、光化学および硬化処理向けの特種ランプ、この放電灯の蛍光粉(質量比 1% 以下の鉛)に活性剤として含まれる鉛	Pb	2006/4/28

	((Sr,Ba)2MgSi2O7:Pb).			
19	Lead with PbBiSn-Hg and PbInSn-Hg in specific compositions as main amalgam and with PbSn-Hg as auxiliary amalgam in very compact Energy Saving Lamps (ESL).	超小型省エネランプ(ESL)において、主アマルガムとして PbBiSn-Hg ならびに PbInSn-Hg に特別に配合された鉛、および補助アマルガムとして PbSn-Hg に特別に配合された鉛	Pb	2006/4/28
20	Lead oxide in glass used for bonding front and rear substrates of flat fluorescent lamps used for Liquid Crystal Displays (LCD).	液晶ディスプレイ(LCD)に使用する、平面型蛍光灯の前後の基板を接合する際に使うガラスに含まれる酸化鉛	Pb	2006/4/28
21	Lead and cadmium in printing inks for the application of enamels on borosilicate glass.	ホウ珪酸ガラス上のエナメルに利用されている印刷インキ中の鉛及びカドミウム	Pb Cd	2006/10/14
22	Lead as impurity in RIG (rare earth iron garnet) Faraday rotators used for fibre optic communications systems.	光ファイバー通信システムに使用されるRIG(希土類鉄ガーネット)ファラデー回転子中の不純物としての鉛	Pb	2006/10/14
23	Lead in finishes of fine pitch components other than connectors with a pitch of 0.65 mm or less with NiFe lead frames and lead in finishes of fine pitch components other than connectors with a pitch of 0.65 mm or less with copper lead frames.	0.65mm ピッチ以下の NiFe リードフレームを持つコネクタ以外のファインピッチの部品の仕上げ剤中の鉛、及び 0.65mm ピッチ以下の銅リードフレームを持つコネクタ以外のファインピッチの部品の仕上げ剤中の鉛	Pb	2006/10/14
24	Lead in solders for the soldering to machined through hole discoidal and planar array ceramic multilayer capacitors.	機械加工穴あき円盤と平面配置のセラミック製多層コンデンサの組み立てに用いられるはんだ中の鉛	Pb	2006/10/14
25	Lead oxide in plasma display panels (PDP) and surface conduction electron emitter displays (SED) used in structural elements; notably in the front and rear glass dielectric layer, the bus electrode, the black stripe, the address electrode, the barrier ribs, the seal frit and frit ring as well as in print pastes.	プラズマディスプレイ(PDP)及び表面電界ディスプレイ(SED)中の構成要素(前後の誘電体層、バス電極、ブラックストライプ、アドレス電極、バリアリブ、印刷によるペースト同様にフリット・シールおよびフリット・リング)に使用される酸化鉛	Pb	2006/10/14
26	Lead oxide in the glass envelope of Black Light Blue (BLB) lamps.	ブラックライトブルー(BLB)ランプのガラス封管中の酸化鉛	Pb	2006/10/14
27	Lead alloys as solder for transducers used in high-powered (designated to operate for several hours at acoustic power levels of 125 dB SPL and above) loudspeakers.	ハイパワー(125 dB SPL 以上で、数時間動作させるように、設計された)ラウドスピーカーに使用されるトランスデューサー用のはんだの鉛合金	Pb	2006/10/14
28	Hexavalent chromium in corrosion preventive coatings of unpainted metal sheetings and fasteners used for corrosion protection and Electromagnetic Interference Shielding in equipment falling under category three of Directive 2002/96/EC (IT and telecommunications equipment). Exemption granted until 1 July 2007.	WEEE 指令(2002/96/EC 2003年1月27日)のカテゴリー3(IT 機器類及び通信機器類)に該当する機器の腐食防止及び電磁波障害防止に使用されている無塗装の金属製の薄板金及び留め具の腐食防止コーティング中の六価クロム: 期限 2007-7-1	Cr ⁶⁺	2006/10/14
29	Lead bound in crystal glass as defined in Annex I (Categories 1, 2, 3 and 4) of Council Directive 69/493/EEC.	クリスタルガラスに関する法律の近似化指令(69/493/EEC 1969年12月15日)の付属書Iのカテゴリー1、2、3及び4に定義されるクリスタルガラス中の鉛	Pb	2006/10/14

3.10 医療用材料

1) 歯科用水銀

①国内生産、国内出荷、輸出入量

2009年の歯科用水銀の動向を示した。

表 3.10.1 歯科用水銀の国内生産・出荷量、輸出入量（2009年）

	国内生産 ¹	国内出荷 ²	輸入 ³	輸出
水銀量	24 kg	24 kg	29 kg	

出典：1) 日本医療機器産業連合会資料「第1回水銀の回収・保管／処分に関する研究会」（但し、調査回答1社の数値）

2) 日本医用機器工業会

3) 日本歯科材料工業協同組合提供情報（SDI社のアマルガム輸入量63kg）をベースに、水銀の割合0.85/1.85を乗じて算出

②累積製品中の水銀量

データなし。

③回収

歯科医院で発生する余剰アマルガム、廃棄アマルガムは医療廃棄物として回収業者を経て、処理される。また、貴金属業者がまとめて回収する場合もある。回収状況は不明である。なお、条例により、貴金属詰め物を保管する専用容器の設置を求めている自治体もある。

④今後の国内需要予測と代替可能性

レジン系歯科用材料が普及しており、水銀アマルガムの需要は減少すると見られているが、歯科用アマルガムで使用する水銀は我が国の健康保険材料であり、また、代替品である光重合レジン等では耐久性や封鎖性にやや難があるため、歯科用アマルガムの継続を主張する歯科医は少なくない。

2) ワクチン保存剤

インフルエンザワクチンをはじめ多くの予防接種ワクチンには、防腐剤としてチメロサルが入っている。チメロサルは、エチル水銀に由来する防腐剤である。保存剤としてチメロサルが添加されているものについては、以前はワクチン1ml中に0.1mgのチメロサルが添加されていたものが、最近ではワクチン1ml中に0.01mgのチメロサルが添加されているなど減量化が進んでいる。チメロサルの分子構造を図1に示す。分子量は404.81で、水銀（Hg）の原子量が200.59であるので、チメロサルの重量の約半分（49.55%）を水銀が占めている。

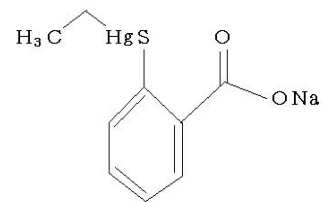


図1. チメロサル分子

①国内生産量・使用量、輸出入量

水銀換算の年間総使用量は少量と見込まれるが、国内生産量、輸入量、国内使用量、輸出量とも不明である。

②累積製品中の水銀量

ワクチンの有効期限は、指定された方法で保管されたとして、不活化ワクチンで0.5年～3年、生ワクチンで1年～2年程度である。チメロサルを保存剤として添加するワクチンは、不活化ワクチンのみである。

③回収

医療機関で廃棄される有効期限を過ぎたワクチンは、医療廃棄物として処理されると考えられる。

④今後の国内需要予測

現在、チメロサールの添加量を減量化、又は添加しないワクチンが生産されており、減少傾向が続くものと予想される。

3.11 無機薬品

1) 標準試料

水銀量の測定のためには、水銀元素固有の物理現象を用いて、分析機器を校正する必要があり、水銀・水銀化合物を含んだ標準試料は他への代替が不可能である。

2) 試薬

水銀化合物には、表 3.11.1 のようなものがあるが、同時に原材料にもなり得る。国内生産・出荷、輸出入量は不明である。

標準試料も含めて、試薬は分析に欠かせないことから、代替が不可能である。

表 3.11.1 水銀化合物

塩	化合物名	化学式	用途
酸化物	酸化第二水銀	HgO	水銀塩の調整用
塩化物	塩化第一水銀	Hg ₂ Cl ₂	窯業等
	塩化第二水銀	HgCl ₂	鉄のブロンズ化、木材の不燃化、酸化水銀の製造
ヨウ化物	ヨウ化第一水銀	HgI	有機合成
	ネスラー試薬	K ₂ HgI ₄	ヨウ化水銀(II)水溶液とヨウ化カリウム水溶液の混合物で、微量のアンモニアの検出試薬
硫化物	硫化水銀	HgS	銀朱
硫酸塩	硫酸第一水銀	Hg ₂ SO ₄	カロメル電池及び標準電池の製造
	硫酸第二水銀	HgSO ₄	塩化第二水銀その他の第二水銀塩の製造、金及び銀の冶金等
	硫酸二酸化三水銀	HgSO ₄ ·2HgO	
硝酸塩	硝酸第一水銀	HgNO ₃ ·H ₂ O	
	硝酸第二水銀	Hg(NO ₃) ₂	
	塩基性硝酸水銀		
シアン化物	シアン化第二水銀	Hg(CN) ₂	
	シアン化酸化第二水銀	Hg(CN) ₂ ·HgO	
無機塩基のシアノ水銀酸塩	シアノ水銀酸カリウム		銀鏡
雷酸水銀			
チオシアン酸第二水銀			
砒酸塩	オルト砒酸第二水銀	Hg ₃ (AsO ₄) ₂	
複塩及び錯塩	塩化アンモニウム第二水銀		
	ヨウ化水銀銅		測温器
アミノ塩化(第二)水銀		HgNH ₂ Cl	
乳酸塩			
有機-無機水銀化合物	ジエチル水銀、ジフェニル水銀、酢酸フェニル水銀		
ヒドロ水銀ジブロモフルオレセイン	金属水銀、貴金属アマルガム、貴金属と卑金属の両方を含有するアマルガム、卑金属のアマルガムを含まない。		

出典：関税率表解説（平成 21 年 7 月 6 日財関第 760 号）その他

3) 銀朱 (顔料)

①銀朱の国内生産量・出荷量、輸出入量

日本で生産企業は2社である。N社とK社である。ただし、N社は北海道の企業に生産を委託している。生産割合は、N社が8~9割で、K社は1~2割と言われている。

N社からの銀朱の年間出荷量は、少ないときで1.5 t、多いときで2 t前後であるが、近年は2 tを超えることがない。

②銀朱の出荷先・用途、輸出

出荷先の割合は、4割：漆企業、4割：絵の具メーカー（油絵の具）、2割：その他である。この中には朱肉、朱墨（銀朱と膠で固めたもの。シュズミともいう。石刻する時に石に朱書したり、篆刻家が印面配字したり、古書籍に注釈を書き入れたりする時に使うもの）などが含まれている。

銀朱は、漆用途として、練漆（絵の具チューブの大型）が韓国、中国、台湾、香港、ベトナム、タイ、ミャンマーなどに輸出されている。

《銀朱の種類》

製造工程の調整により、数種類の銀朱が生産されている。

《漆用途》

漆用途では、朱色を出すために天然漆に銀朱を混ぜるが、全ての漆に銀朱が入っている訳ではない。漆は、漆器、建造物、仏具などに使われる。従って、漆産業が盛んな地域への出荷が多い。輪島塗、山中塗、越前漆器、会津塗、秋田横手市など。これらの用途は、いずれも屋内に限って使われるものである。銀朱は光によって黒変する場合があるので、屋外では使用しないのが普通である。

文化財修復用に用いられる。世界遺産厳島神社の朱色の鳥居また廻廊で結ばれた朱塗りの社殿は、現在では銀朱を用いていないと考えられる。ただし、社殿内部は銀朱が使われている可能性もある。御神輿に銀朱が使われることもあるが、雨や光に晒されると黒くなるので、管理には要注意である。

《絵の具用途》

絵の具用途では、油絵の具の朱、赤に使われる。カラーとしてはバーミリオン (vermilion, vermilion) と言われている。銀朱と油を1:1程度で混合。絵の具はプロ用であり、日本画にも洋画にも使われる。日本画では、人肌を描くために白ベースに銀朱を混ぜる。この白ベースとして、酸化チタンの白の絵の具が用いられるものがあるが、鉛白と銀朱を混ぜることで求める発色が得られるとのこと。しかし、銀朱は HgS と硫黄が入っているために、製造工程でフリーの硫黄が残ると、混合した鉛白と反応により硫化鉛が発生し、黒くなってしまうが、N社の銀朱はそれがないように、硫黄を除去している。

《朱肉》

朱肉は、藻草に混ぜたものである。

③累積製品中の水銀量

主な用途が顔料であり、これまでに出荷された銀朱は、建築物等の文化財に塗布され、蓄積されていると考えられるが、文化財が置かれている気象条件等の周辺環境により塗装の劣化が一樣でなく、修復期間も一定ではないので、把握は困難と考えられる。

④回収

文化財に塗布されており、回収は困難であり、回収量の不明である。しかし、銀朱メーカーでは、使用する際に銀朱を拭き取った紙やウェスなどの廃棄物の扱いは自治体に問い合わせることを推奨している。

⑤今後の国内需要予測

文化財の修復は、今後も一定量続くものと考えられる。また、発色、色合い、風合い、艶といった見た目の違い、刷毛の跡が残らないという作業性の善し悪し、文化庁から材料が指定されていること等の理由から、一定の需要は続くものと予想される。

⑥銀朱の代替性

銀朱の代替性に関し、同様な色は別の顔料でも可能であるが、建造物の施主やユーザーによると、銀朱でなければならない、あるいは代替が困難な理由として、発色、色合い、風合い、艶といった見た目の違い、刷毛の跡が残らないという作業性の善し悪しも挙げている。また、文化庁から材料が指定されていることを挙げている。

N 社の場合、文化庁が指定するように文化遺産の補修向け、伝統技術を支えるために、供給責任があると考えている。

3.13 まとめ

本第3章では、エッセンシャルユースの特定のために、水銀添加製品の生産量等の数値や回収動向、代替可能性について整理した。代替可能性については、第5章の水銀規制による影響のところでも整理している。

本項では、第2章の産業別の水銀マテリアルフローにおける水銀の回収状況、水銀の回収・保管／処分に関する研究会における廃棄物処理プロセスにおける水銀の回収状況も合わせて表3.13.1に整理し、今後の水銀に係わる条約の検討における整理の仕方に対する考え方を整理した。

1) 表3.13.1の見方

ア. 品目欄の分類の考え方

表3.13.1における品目は、以下の考え方に基づき、4つに整理した。

- ①「1. 水銀添加製品からの水銀回収状況」に掲げられている品目
水銀の機能を活かして意図的に金属水銀又は水銀化合物が使用・利用されているもの。
(例) 電池、計測器、電球類 等
- ②「2. 水銀含有副生物からの水銀回収状況」に掲げられている副生物発生源
原材料由来により非意図的に水銀を含有し、水銀の含有率が高く、水銀回収が容易であり、現に回収されているもの。
(例) 非鉄金属製錬における排ガス処理スラッジ
- ③「3. 水銀含有副生物の利用状況」に掲げられている副生物発生源
産業プロセスにおいて原材料由来により非意図的に水銀を含有するものの、水銀の含有率が低く*、水銀回収が困難であり、現に回収されていないもの。
*) 一般に、これらの副生物中の水銀含有率は、土壌中の水銀濃度と同程度(表3.13.2参照)であり、安定な化合物として固定化されている。
(例) 石炭火力発電所の石炭灰、製鉄所における集じんダスト 等
- ④「4. その他」に掲げられている副生物発生源
産業プロセス以外のプロセスにおいて水銀を含有する廃棄物等が発生するが、処理する者による投入量等の把握が困難であり、かつ回収が困難と考えられるもの。
(注)「表3.13.2 水銀含有製品・副産物等における水銀含有量及び水銀濃度に関するデータ一覧表」は、表3.13.1より、水銀の形態及び水銀含有量、水銀濃度、副生物等の利用状況に関する項目を、改めて抽出し整理したものである。参考として、各種法令、土壌中、原料中及び窯業製品中の水銀の形態、水銀濃度等も併せて記載している。
(例) 廃棄物焼却施設 等

イ. 回収状況を示す項目(横軸欄)

表3.13.1の回収状況を示す項目のうち、以下2点について注釈する。

- ・「製品中の水銀量」
 - 「1. 水銀含有製品からの水銀回収状況」に掲げている項目
 - 国内販売（国内出荷）：国内に販売（出荷）された水銀添加製品に含まれる水銀量
 - 国内生産：我が国において生産された水銀添加製品に含まれる水銀量
 - 輸入：我が国に輸入された水銀添加製品に含まれる水銀量
 - 輸出：我が国から輸出された水銀添加製品に含まれる水銀量
 - 水銀量は、製品量に水銀含有量を乗じて算出している。
- ・「累積製品中の水銀量」
 - 国内で販売もしくは出荷され、現に使用されていると考えられる水銀添加製品に含まれている水銀量であり、今後、使用中の製品が使用済みとなった場合、予想される水銀の回収量を表す。

2) 検討対象とする製品等の範囲の整理の考え方

表 3.13.1 から、水銀添加製品の国内販売（国内出荷）は、減少傾向もしくは横這いで推移するものと推察されており、使用済製品中の水銀量も次第に減少することが予想されるとともに、水銀含有副生物の発生状況はほぼ一定で推移するものとみられる。以上を踏まえて、今後の整理の仕方は、以下の考え方で進める。

ア. 検討対象とする製品等の範囲の考え方

【考え方】

上記（1）①～④については、検討対象範囲として「①及び②」と「③及び④」に、以下のとおりの考え方で分けられる。

- ・①及び②については、回収、保管／処分の仕組みの必要性について検討を行うことが可能である。回収、保管は、金属水銀単体又は取扱の容易な水銀化合物が対象となる。
- ・③及び④は、水銀含有率が非常に低く、金属水銀単体又は取扱の容易な水銀化合物として回収・保管・処分等ができない。また、副生物自体の量が大量であり、全てを保管／処分することも困難であるとともに、有価で取引されているものがある。
- ・なお、副生物の保管／処分等については、現行、廃掃法上において問題ない範囲で取引されている。

イ. ①及び②の具体的な検討の進め方について

①及び②については、現実的に回収が可能な製品等と回収が不可能な製品や用途があり得る。そのため、水銀添加製品等の実態を踏まえて回収が可能なもの、不可能なものを整理する必要がある。以下に、検討における考え方の一例を示す。

例)

- 電池、蛍光ランプ等のように現在回収の仕組みがあるもの
→既存の仕組み及び今後の需要動向等をベースに検討を行う。

なお、乾電池については、国内メーカーの国内生産分及び海外工場からの輸入分は水銀量 0 kg である。「我が国における水銀回収状況（暫定版）」の「廃製品からの水銀の回収量」によると若干量回収されていると見られることから、業界団体に参画していない企業の製造する電池に水銀が入っている等の理由が考えられる。そのため、回収の仕組みと、費用分担への事業者の参画については別に考える必要がある。

- 医薬品、無機薬品（銀朱等）のように使用・利用後の回収が困難なもの
→該当用途については検討の対象外とする。

ただし、最終的に未使用となり廃棄されるものがある場合は、可能な範囲で確認して仕組みへの入れ方を必要性も含め検討する。

ウ. その他（③及び④）について

③及び④については、政府間交渉の進展を踏まえつつ、条約の対象とされる可能性の度合いに応じて、対象にするかどうかを判断することとなる。

表 3.13.1 我が国における水銀回収状況(暫定版)

1. 水銀添加製品からの水銀回収状況

品目 (水銀の形態)	製品中の水銀量 (kg)				累積製品中の 水銀量(kg)	廃製品の 回収状況	廃製品からの水 銀の回収量		国内需要の動向	
	国内販売 (国内出荷)	国内生産	輸入	輸出						
ボタン形電池	アルカリボタン (水銀アマルガム)	データなし (国内メーカーの出荷分以外の輸入品についてはデータが存在しない為、全体量が不明)	(2009年) 1,027 kg (出典) 社団法人電池工業会資料「第1回水銀の回収・保管/処分に関する研究会報告資料」	データなし (国内メーカーの出荷分以外の輸入品については、データが存在しない為、全体量が不明。また、機器に組み込まれて輸入されるものについても不明。)	(考え方) ・用途は玩具、防犯ブザー、タイマーなどの小型機器が大部分。 ・用途や使い方によって電池の寿命が異なることと、海外から輸入された小型機器にも組み込まれているために把握は困難。	社団法人電池工業会が自主的取り組みとしてボタン形電池回収処理事業を実施(登録された回収協力店に回収缶を配布し、そこに貯まった使用済ボタン形電池を随時、引き取り、適正処理)	9 kg (平成21年自主取組み分のみ) 他にリサイクル事業者等の処理分として約15 kgがある。	(出典) 社団法人電池工業会	→	2009年から水銀フリー製品が発売されている。
	酸化銀 (水銀アマルガム)			その他に腕時計等に組み込まれるものもある。	(考え方) ・用途の大部分が腕時計用。腕時計での寿命を2-3年と推察。よって、酸化銀電池の累積量は、国内出荷量の2.5年間分と推察。				↓	2005年から水銀フリー製品が発売されている。
	空気亜鉛 (水銀アマルガム)				(考え方) ・用途のほとんどは補聴器用電池。 ・補聴器用は使い方にもよるが、1~2週間で交換する必要がある ・空気亜鉛電池の累積量は国内出荷量の1/20程度と推察。				↓	水銀フリー製品は発売されていない。
(出典) 参考値：社団法人電池工業会										
乾電池	0 kg 国内メーカーの国内生産分及び海外工場からの輸入分は、約20年前から水銀量ゼロ	0 kg	0 kg 国内メーカー以外の輸入業者、流通業者等が海外から輸入し、国内で販売されているものについても、水銀含有の商品はない。(電池工業会調べ)	0 kg 日本からの輸出は基本的に国内メーカー品であり水銀ゼロ。また、国内で調達され機器にも組み込まれていくものも水銀ゼロ。	(考え方) ・用途によって電池の寿命が異なる。 ・日本生産分については約20年前に水銀ゼロを達成していること、また海外生産し輸入している分についても水銀ゼロであることを踏まえると、この分については極めて少ない。	家庭からの乾電池:分別収集し、水銀回収施設に送っている自治体は平成20年度(08年度)251団体 (出典) 全国都市清掃会議資料	乾電池(ボタン電池を除く)からの水銀回収量:0.19t(03~07年の5ヶ年平均) (出典) 平成20年度第1回有害金属対策基礎調査検討会資料4.2「我が国における水銀のマテリアルフロー調査結果」		機器に付属して輸入されている乾電池については、社団法人電池工業会の市場調査(分析)では、2007年以降水銀含有のものは見つけられていない。	
工業用計量器	ガラス製水銀温度計 (金属水銀)	(2008年) 184 kg =91.8千本×2g/本 (出典) ・出荷量：(社)日本計量機器工業連合会 ・水銀量：日本硝子計量器工業協同組合(その他) 在庫量：21.2千本×2g/本=42 kg	(2008年) 197 kg =98.4千本×2g/本	データなし	データなし	2,331kg (平成12年4月から平成22年3月まで組合が斡旋して購入した水銀量。ただし、在庫及び気圧計分の水銀量も含む。) (日本硝子計量器工業協同組合への聞き取りによる)	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。 (日本硝子計量器工業協同組合への聞き取りによる)	回収量不明	↓ 減少傾向	感温液として優れている水銀の特性を利用することにより、-50℃の低温域から650℃の高温域までの広範囲な温度測定が可能。現時点では、代替できるものが見あたらない。(日本硝子計量器工業協同組合への聞き取りによる)
	水銀充満式温度計 (金属水銀)	汎用品ではないので、国内出荷量と国内生産量は同じと考えられる。 (2009年度) 667kg 水銀充満式温度計： 69 kg =693台×100g/台 水銀充満式温度エレメント： 598 kg =5,978台×100g/台 (出典) 生産台数・水銀量：日本圧力計温度計工業会				7,500kg (平成10年から平成20年までの水銀使用量。ユーザーの使用・環境条件によって、製品寿命が大きく異なるため、平均耐用年数の算出は難しい。)(日本圧力計温度計工業会への聞き取り)	国内の製造企業は各社とも製品に「水銀含有又は水銀使用」との表示をしている。これらの製品には修理・校正時に古くなった水銀が発生する。会員企業が不良品、破損品、または廃棄する場合は、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。(日本圧力計温度計工業会への聞き取り)	回収量不明	↓ 減少傾向	400~600℃の高温域では、沸点が高い、高温での物性の安定性が良い、直線性が良い等の水銀の特性を利用しているため、代替できるものが見あたらない。0~400℃では有機液体を封入するものが市販されている。(日本圧力計温度計工業会への聞き取り)
	基準液柱型圧力計 (金属水銀)		(2009年度) 27 kg =18台×1,500g/台 (出典) 生産台数・水銀量：日本圧力計温度計工業会		データなし	データなし	3,216kg (平成10年から平成20年までの水銀使用量。ユーザーの使用・環境条件によって、製品寿命が大きく異なるため、平均耐用年数の算出は難しい。)(日本圧力計温度計工業会への聞き取り)		回収量不明	→ 定量
高温用ダイヤフラムシール圧力計 (金属水銀)		(2009年度) 48kg 高温用ダイヤフラムシール圧力計： 36 kg =900台×40g/台 高温用ダイヤフラムシール圧力トランスミッタ： 12 kg =295台×40g/台 (出典) 生産台数・水銀量：日本圧力計温度計工業会				424kg (平成10年から平成20年までの水銀使用量。ユーザーの使用・環境条件によって、製品寿命が大きく異なるため、平均耐用年数の算出は難しい。)(日本圧力計温度計工業会への聞き取り)		回収量不明	→ 定量	高温用の圧力計に封入される液体は熱膨張率が小さい、沸点が高い、圧縮率が小さい等が要求される。高温、高圧下での安定的な水銀の特性を利用しているため、代替できるものが見あたらない。(日本圧力計温度計工業会への聞き取り)

品目 (水銀の形態)	製品中の水銀量 (kg)				累積製品中の 水銀量 (kg)	廃製品の 回収状況	廃製品から の水銀の 回収量	国内需要の動向			
	国内販売 (国内出荷)	国内生産	輸入	輸出							
医療用計測器	水銀体温計 (金属水銀)	(2007年) 416 kg = 555 千本×0.75 g/本 (出典) ・国内出荷量、国内生産量、輸入量、輸出量：平成 19 年薬事工業生産動態統計年報 ・水銀量：日本医療機器産業連合会資料「第 1 回水銀の回収・保管/処分に関する研究会」平成 22 年 10 月 12 日	(2007年) 319 kg = 425 千本×0.75 g/本	(2007年) 43 kg = 57 千本×0.75 g/本	(2007年) 6 kg = 8 千本×0.75 g/本	—	家庭からの水銀体温計は一般廃棄物、医療機関からの水銀体温計は医療機関ごとに廃棄物として処理	回収量不明	↓減少傾向	2008 年では、電子体温計が国内出荷量の 93.9% を占める。	
	水銀式血圧計 (金属水銀)	(2008年) 873 kg =17,469 個×50 g/個 (出典) ・国内出荷量、国内生産量、輸入量、輸出量：平成 20 年薬事工業生産動態統計年報 ・水銀量：日本医療機器産業連合会資料「第 1 回水銀の回収・保管/処分に関する研究会」平成 22 年 10 月 12 日	(2008年) 1,680 kg =33,606 個×50 g/個	(2008年) 362 kg =7,241 個×50 g/個	(2008年) 1,169 kg =23,370 個× 50 g/個	17.8t (仮定：平均寿命 10 年、20 年で残存数ゼロ、直線的に減少) (出典) 日本医療機器産業連合会による推計	医療機関ごとに廃棄物として処理	回収量不明	↓減少傾向	2008 年の水銀血圧計の国内出荷量は全体の 0.6%。電子血圧計が国内出荷量の 96.8% を占める。	
電気スイッチ 及びリレー	業界団体が特定できず不明。				不明	不明	不明	↓減少	米国で製造され日本に輸入されている自動腹膜透析装置(医療機器)に水銀センサー(2010 年の水銀量換算 0.24kg)が使用されている。過去に水銀センサーが自動車 ABS やエアバッグに使用されていたが、現在は使用されていない。ただし、補修用部品は市場に存在していると見られる。		
電球類	蛍光灯	(2009年) 2,088 kg = 290,044 千本× 0.0072 g/本	(2009年) 1,730 kg = 240,303 千本× 0.0072 g/本	(2009年) 507 kg = 70,532 千本× 0.0072 g/本	(2009年) 113 kg = 15,666 千本× 0.0072 g/本	蛍光灯の平均的製品寿命を約 4 年間(=ランプ寿命 1 万時間/年間使用時間 2,500 時間)と仮定。従って、2009 年末のストック量は 06~09 年に出荷した数量とし、この間の水銀量の累計とする。 9,114 kg =Σ(出荷量×水銀量)	家庭からの蛍光灯：分別収集し、水銀回収施設に送っている自治体は平成 20 年度(08 年度)183 団体(出典) 全国都市清掃会議資料 事業所からの蛍光灯：産業廃棄物として回収・処理 テレビ・PC 中のバックライト：リサイクル法に基づき製造業者等が回収・処理	地方自治体が回収した蛍光管からの水銀回収量：0.2 t (03~07 年の 5 ヶ年平均) 事業所から排出される蛍光灯、テレビ・PC 中のバックライトからの水銀回収量は不明	2015 年以降予測 大幅減少 (2015 年) 886 kg = 177,192kp ×0.005 g/本 LED 照明への切り替え 2009 年に対し約 39%減。		LED 照明への切替による減少が進む。一般蛍光灯、コンパクト蛍光灯(電球形含む)等。また、改正 RoHS 対応のため水銀封入量の減量化が進む。
	冷陰極蛍光灯(バックライト)	【参考値】 (2009年) 1,185 kg = 394,876 千本× 0.003 g/本 (但し、輸出を含むため参考値)	(2009年) 1,154 kg = 387,139 千本× 0.003 g/本	【参考値】 (2009年) 104 kg = 34,788 千本× 0.003 g/本 (但し、輸入量はバックライト以外のものもふくまされた「その他の放電ランプ」のため、参考値)	【参考値】 (2009年) 1,358 kg = 452,747 千本× 0.003 g/本 (但し、輸入量はバックライト以外のものもふくまされた「その他の放電ランプ」のため、参考値)	バックライトの平均的製品寿命を約 15 年間(=ランプ寿命 4~5 万時間/年間使用時間 3,000 時間)と仮定することができるが、バックライトが使われている液晶テレビや液晶ディスプレイの出荷数量とこれらの寿命(=廃棄)に依存すると考えられる。			激減 (2015 年) 194 kg = 64,760 kp ×0.003 g/本 LED への切り替え 2009 年に対し約 84%減。	2009 年以降 LED への切り替えが急進。世界市場規模は 2009-15 年で約 84% 減。2020 年までには終焉するとも予測されている。	
	HID ランプ	(2009年) 465 kg = 8,266 千本× 0.0562 g/本	(2009年) 429 kg = 7,642 千本× 0.0562 g/本	(2009年) 141 kg = 2,517 千本× 0.0562 g/本	(2009年) 386 kg = 6,870 千本× 0.0562 g/本	HID ランプの平均的製品寿命：約 4 年間(=ランプ寿命 1 万 2 千時間/年間使用時間 3,000 時間)と仮定。従って 2009 年末のストック量は 06~09 年に出荷した数量とし、この間の水銀量の累計とする。 2,479 kg =Σ(出荷量×水銀量)	不明	回収量不明	大幅減少 (2015 年) 311 kg = 6,619 kp ×0.047 g/本 LED 照明への切り替え 2009 年に対し約 20%減。	LED 照明への切り替えによる減少が進む。特に、効率の低い高圧水銀放電ランプなど。 また、HID ランプの RoHS 対応で減量化が進む。	
	(水銀の形態) 次の 3 つの形態がある。 ・金属水銀 ・水銀化合物 ・水銀アマルガム	(出典) ・販売、国内生産：経済産業省機械統計 ・国内販売：経済産業省機械統計・販売から社団法人日本電球工業会 自主統計・輸出を差し引いたもの ・輸入量、輸出量：財務省貿易統計 ・1 本当たりの水銀量：社団法人日本電球工業会				(出典) ・社団法人日本電球工業会					
歯科用水銀 (金属水銀、但し、アマルガムは水銀と金属との合金)	(2009年) 24 kg (出典) 日本医療機器産業連合会資料「第 1 回水銀の回収・保管/処分に関する研究会」(但し、調査回答 1 社の数値)	(2009年) 24 kg (出典) 社団法人日本医用機器工業会	(2009年) 29 kg (出典) S 社の輸入量 63kg より水銀割合 (0.85/1.85) を乗じて算出	データなし	—	歯科医院：余剰分、廃棄分は産業廃棄物となるが回収状況は不明。なお、貴金属収集業者がまとめて回収する場合もある。条例により、貴金属詰め物をプラスタ阻集器の設置を求めている自治体もある	回収量不明	↓減少傾向	2006~2008 年の歯科用水銀の国内出荷量はゼロ。		
医薬品	ワクチン保存剤 (チメロサル) (有機化合物)	(2009年)生産分(検定合格したもの)について、水銀として約 62g(チメロサルとして約 125g)。 註)2009 年に国産新型インフルワクチンが大量に生産されていた点を補正し、2008 年分を推計すると、水銀として約 48g(チメロサルとして約 97g) 出典：細菌製剤協会	2009 年は輸入製品でチメロサル含有のものはなし(2010 年検定分では、輸入の新型インフルワクチンがチメロサル含有)	不明	インフルエンザワクチンは 10 月から 3 月まで、それ以外の 4 種は、1 年を通して、出荷量の概ね 10% が市場に存在し、流通経路上に在庫(市場在庫)として存在すると想定すると、2009 年の市場在庫製品中の水銀は約 6g。	・水銀を含有するワクチンのうち、インフルエンザワクチン以外の 4 種はほぼ全量接種されるので、廃製品からの水銀回収の対象にならない。 ・季節性インフルエンザワクチンは、毎年ほぼ出荷量の 10% 程度が製造販売業者に返品され、その後、返品回収された製品は、専門の廃棄物処理業者により処理されるが、製品中の水銀は技術的に可能な範囲で全量回収されている。	↓減少傾向	・現在、保存剤の水銀が使用されているワクチンは 5 種類。 ・マルチドーズのインフルエンザワクチンの製造が必要となる事態が発生した場合などには、最低限の水銀を含有する製品を製造する必要がある。			
無機薬品	銀朱(顔料) (硫化水銀)	1,600 kg	データなし	データなし	データなし	不明	用途例：文化財修復用の漆用顔料、高級絵の具	—	→一定		
	水銀化合物	194 kg	データなし	データなし	データなし	不明	不明	—	↓減少傾向		
灯台用回転灯器 (水銀槽式回転装置) (金属水銀)	国内では昭和 42 年以降、水銀槽式回転装置の新設はない。			国内での新規の生産なし。	現在運用中の 63 基について、使用中又は保管中の水銀は約 7.5 t。	水銀槽式回転装置を他機種への切り替え等により廃棄する場合、工業業者が水銀を回収。	ここ 3 年で 3 基の水銀槽式回転装置を廃棄しているが、使用していた水銀は他の水銀槽式回転装置の予備として保管。	↓減少傾向	明治~昭和時代に整備した灯台の水銀槽式回転装置に金属水銀を使用。 1 基当たりの水銀量は 10~300 kg。 現在 63 基運用中(ピーク時(昭和 43 年) 93 基)。		

出典：無機薬品の「製品中の水銀量」欄及び「廃製品中の水銀回収量」欄は「我が国における水銀のマテリアルフロー調査結果」平成 20 年度第 1 回有害金属対策基礎調査検討会資料 4.2
<http://www.env.go.jp/chemi/tmms/2001/index.html>

2. 水銀含有副生物からの水銀回収状況

副生物発生源	副生物の形態 (水銀の形態)	副生物の発生量 (うち推計水銀含有量)	副生物からの水銀回収量	生産活動の動向	
非鉄金属製錬	排ガス処理スラッジ (水銀の形態：不明)	(2005年度) 発生量：4.1万t (出典) ・発生量：日本鉱業協会	(2005年度) 水銀回収量：66,747kg (出典) ・水銀回収量：日本鉱業協会	【銅製錬】 →ほぼ一定	平成21年(2009年)の粗銅の生産量は約1.8百万tで、それ以前の4年間は1.8～2.0百万tである。(出典：経済産業省 鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計年報)
				【鉛製錬】 →ほぼ一定	平成21年(2009年)の粗鉛の生産量は約23万tで、それ以前の4年間は24～28万tである。(出典：経済産業省 鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計年報)
				【亜鉛製錬】 →ほぼ一定	平成21年(2009年)の亜鉛の生産量は約54万tで、それ以前の4年間は60～64万tである。(出典：経済産業省 鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計年報)

3. 産業プロセスからの水銀含有副生物の利用状況

副生物発生源	副生物の形態 (水銀の形態)	副生物の推計発生量 (うち推計水銀含有量)	副生物の利用等	生産活動の動向	
非鉄金属製錬	石膏等 (水銀形態：不明)	(2005年度) 発生量：910万t (水銀量1,656kg) (出典) ・副生物の推計発生量、水銀量：日本鉱業協会「平成22年度第1回水銀の回収・保管/処分に関する研究会説明資料」	セメント原料等	→ほぼ一定	前表参照
	中間生成品 (水銀形態：不明)	(2005年度) 発生量：25.5万t (水銀量480kg) (出典) ・副生物の推計発生量、水銀量：日本鉱業協会「平成22年度第1回水銀の回収・保管/処分に関する研究会説明資料」	他精錬所にて資源として利用		
	廃棄物 (水銀形態：不明)	(2005年度) 発生量：64.2万t (水銀量1,013kg) (出典) ・副生物の推計発生量、水銀量：日本鉱業協会「平成22年度第1回水銀の回収・保管/処分に関する研究会説明資料」	最終処分場		
石油精製施設	廃油等	データなし	燃料	→ほぼ一定	平成21年(2009年)の原油輸入量は約212百万klで、過去5年間の輸入量は211～245百万klの間である。(出典：経済産業省 資源・エネルギー統計年報)
	集じんダスト等	データなし	燃料、有用金属回収、セメント原料		
石炭火力発電所	石炭灰：クリンカー、フライアッシュ (水銀形態：不明)	(2007年度) 発生量：石炭灰768万t (水銀量：888kg) (出典) 発生量：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) 水銀量：神鋼リサーチ推計	セメント原料、土木・建築等	ほぼ一定で2009年に減少	平成21年度(2009年度)の石炭消費量は、48百万tで、それ以前の4年間の消費量は51～53百万tである。(出典：電気事業連合会 発電速報)
	脱硫石膏(石膏+汚泥) (水銀形態：不明)	(2007年度) 発生量197万t (水銀量：373kg) (出典) 発生量：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) 水銀量：神鋼リサーチ推計	セメント原料等		
石油火力発電所	集じんダスト (水銀形態：不明)	データなし	セメント原料等	変動	平成21年度(2009年度)の重油、原油、ナフサの消費量は、約560万kl、363万kl、4万klである。(出典：電気事業連合会 発電速報)
	脱硫石膏 (水銀形態：不明)	データなし	セメント原料等		
製鉄	集じんダスト(焼結ダスト)(高炉ダスト)(転炉ダスト) (水銀の形態：不明)	発生量のデータなし 一部で水銀濃度のデータあり 焼結ダストの水銀濃度：12.5mg/kg 高炉ダストの水銀濃度：0.27mg/kg (出典) ・水銀濃度：高岡、大下；鉄鋼業における水銀排出挙動(財)鉄鋼業環境保全技術開発基金助成研究概要06・07大気-164	焼結等原料	増加傾向にあったが、2008年から減少	平成21年(2009年)の生産量は約67百万tで、それ以前の4年間は83～87百万tである。(出典：経済産業省 鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計年報)
	コークス炉副生物(タール) (水銀の形態：不明)	データなし	燃料、化成品原料等		

(参考)

セメント	セメント産業の水銀放出 ・排ガス → ・製品 → (上記以外にない)	水銀濃度 59.2μg/Nm ³ クリンカ生産量[2006年]62,132,558(t/年) → 8.94t/年【排ガスは副生物ではない】 参考4に記載 ※水銀の排出量はスポット測定による推計値であり、全てを代表するものではない。なお、排ガス中のダストは集じん機で捕集し全量原料に戻しているため、集じんダストが高濃度に水銀を吸着している可能性は否定できないが、現状ではこれに関する調査データはない。(出典：社団法人セメント協会)
------	---	---

4. その他

発生源		発生物の形態 (水銀の形態)	発生量 (うち推計水銀含有量)	発生物からの水銀回収量	動向
廃棄物処理プロセス	一般廃棄物焼却施設	ばいじん(集じん灰) (水銀形態：不明)	ばいじん(集じん灰)中の水銀含有状況、ばいじん(集じん灰)からの金属水銀の回収の有無、ばいじん(集じん灰)の原料としてのリサイクル等については確認中。	↓減少傾向	平成 20 年度における一般廃棄物の焼却量は 3,574 万 t で、それ以前の 4 年間は 3,701～3,914 万 t である。 (出典) 環境省大臣官房廃棄物リサイクル対策部「一般廃棄物の排出および処理状況等(平成 20 年度)について」
		汚泥(※1) (水銀形態：不明)	汚泥中の水銀含有状況、汚泥からの金属水銀の回収の有無、汚泥の原料としてのリサイクル等については確認中。		
	産業廃棄物焼却施設	ばいじん(集じん灰) (水銀形態：不明)	ばいじん(集じん灰)中の水銀含有状況、ばいじん(集じん灰)からの金属水銀の回収の有無、ばいじん(集じん灰)の原料としてのリサイクル等については確認中。	変動	平成 19 年度における産業廃棄物の中間処理量は 3 億 1,910 万 t で、それ以前の 4 年間は 3 億 797 万 t～3 億 1,751 万 t である。 (出典) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部「産業廃棄物排出・処理状況調査」
		汚泥(※1) (水銀形態：不明)	汚泥中の水銀含有状況、汚泥からの金属水銀の回収の有無、汚泥の原料としてのリサイクル等については確認中。		
その他	火葬炉	集じんダスト(※2) (火葬炉で回収される水銀の形態について実態確認中)	検討中(火葬炉での水銀の回収状況について、実態確認中)	↑増加傾向	平成 21 年(2009 年)の死亡者数は 1,141,865、それ以前の 4 年間は 1,083,796～1,142,407 である。 (出典) 厚生労働省「人口動態統計年報」

※1 排ガス洗浄施設及び湿式集じん施設から生じたもの

※2 火葬炉の水銀は通常温度におけるバグフィルタではほとんど除去されない。(出典) 貴田、高岡、平井ほか「循環廃棄過程を含めた水銀の排出インベントリと排出削減に関する研究」(平成 19 年度廃棄物処理等科学研究費補助金研究成果報告書)

表 3.13.2 水銀含有製品・副産物等における水銀含有量及び水銀濃度に関するデータ一覧表

1. 水銀含有製品

	対象物	水銀の形態	含有量	出典・根拠
電球	蛍光灯 (一般)	製造時に、形態で金属水銀、水銀化合物を利用するが、ランプ点灯中は、いずれも内部では金属水銀として機能。	0.0072 g/本	社団法人日本電球工業会
	蛍光灯 (バックライト)		0.003 g/本	
	HID ランプ		0.0562 g/本	
電池	乾電池		ゼロ	社団法人電池工業会 (第2回研究会資料1の乾電池の輸入、輸出、国内需要動向欄を参照) 総 Hg 量/生産量より神鋼リサーチの推計値
	アルカリボタン電池	金属水銀(使用時は水銀と金属の合金)	0.00509 g/個	
	酸化銀電池		0.0006 g/個	
工業用計量器	ガラス製水銀温度計	金属水銀	2 g/本	日本硝子計量器工業協同組合
	水銀充満式温度計		100 g/台	日本圧力計温度計工業会
	基準液柱型圧力計		1,500 g/台	
	高温用ダイヤフラムシール圧力計		40 g/台	
医療用計器	水銀体温計	金属水銀	0.75 g/本	日本医療機器産業連合会
	水銀式血圧計		50 g/個	
医薬品	ワクチン保存剤	有機化合物	0~0.000005g/ml	予防接種の手引き第12版(近代出版)
無機薬品	銀朱	硫化水銀		
	水銀化合物	多様		
	歯科用水銀	金属水銀(使用時は水銀と金属の合金)		
	灯台用回転灯器	金属水銀		

2. 水銀含有副生物

	対象物	水銀の形態	濃度(mg/kg)	出典・根拠
副生物(水銀回収)	排ガス処理スラッジ (非鉄金属製錬)	不明	1,630 mg/kg	日本鉱業会資料より、神鋼リサーチ推計 (1,630 mg/kg =66,747 kg/4.1 万 t)

3. 産業プロセスからの水銀含有副生物

	対象物	水銀の形態	濃度(mg/kg)	利用状況	出典・根拠
副生物	石炭灰 (石炭火力発電所)	不明	0.116 mg/kg	セメント原料等	神鋼リサーチ推計 (0.116 mg/kg =888kg/768 万 t)
	脱硫石膏 (石炭火力発電所)	不明	0.189 mg/kg	セメント原料等	神鋼リサーチ推計 (0.189 mg/kg =373kg/197 万 t)
	集じんダスト (石油火力発電所)	不明	データなし	セメント原料等	
	脱硫石膏 (石油火力発電所)	不明	データなし	セメント原料等	
	廃油等 (石油精製施設)	不明	データなし	燃料	
	集じんダスト等 (石油精製施設)	不明	データなし	燃料、有用金属回収、セメント	
	焼結ダスト (製鉄)	不明	12.523 mg/kg	全量、製鉄所内で焼結等原料として利用し、所外には出さず。	高岡、大下：“鉄鋼業における水銀排出挙動”，(財)鉄鋼環境基金研究報告書(06・07 大気-164)
	高炉ダスト (製鉄)	不明	0.269 mg/kg		
	シックナースラッジ (製鉄)	不明	0.655 mg/kg		
	コークス炉副生物 (タール)	不明	データなし	燃料、化成品原料等	
	石膏等 (非鉄金属製錬)	不明	(0.182 mg/kg)	セメント原料等	神鋼リサーチ推計 (0.182 mg/kg=1,656 kg/910 万 t)
	中間生成品 (非鉄金属製錬)	不明	1.88 mg/kg	他精錬所にて資源として利用	神鋼リサーチ推計 (1.88 mg/kg =480 kg/25.5 万 t)
	廃棄物 (非鉄金属製錬)	不明	1.58 mg/kg	最終処分場	神鋼リサーチ推計 (1.58 mg/kg =1,013 kg/64.2 万 t)

4. その他

	対象物	水銀の形態	濃度(mg/kg)	利用状況	出典・根拠
廃棄物	ばいじん (一般廃棄物焼却施設)	不明	データなし	不明	
	汚泥 (一般廃棄物焼却施設)	不明	データなし	不明	
	ばいじん (産業廃棄物焼却施設)	不明	データなし	不明	
	汚泥 (産業廃棄物焼却施設)	不明	データなし	不明	
	集じんダスト (火葬炉)	不明	データなし	不明	

参考1. 法令における水銀濃度

	対象物	水銀の形態	濃度(mg/kg)	出典・根拠
法令等の規制	汚染土壌	水銀及びその化合物	土壌の含有基準：15 mg/kg 以下	土壌汚染対策法
	二七 水銀又は水銀化合物を含むものであって次に掲げる物	水銀、塩化第一水銀、塩化第二水銀、硫酸第一水銀、又は硫酸第二水銀等(以下略)を含む物	含有濃度基準：0.1 重量%以上	バーゼル法・別表第3
	特定化学物質第二類物質	水銀又はその無機化合物(硫化水銀を除く。以下同じ。)を含有する製剤その他の物	含有濃度基準：1%を超える物	労働安全衛生法 特定化学物質障害予防規則
	管理第二類物質	水銀及びその無機化合物と水銀又はその無機化合物(硫化水銀を除く。以下同じ。)を含有する製剤その他の物	含有濃度基準：1%を超える物	

参考2. 土壌中の水銀濃度

	対象物	水銀の形態	濃度(mg/kg)	出典・根拠
土壌	我が国における土壌	不明	平均的な濃度：0.15～0.27 mg/kg	野田徹郎；“地熱系における水銀の挙動” 地球環境, Vol.13, pp.227-236 (2008)
	我が国の地熱地帯の表層変質土壌 松川(岩手県八幡平) 鬼首(宮城県鳴子町) 那須塩原(栃木県那須塩原市) 別府(大分県別府市) 阿蘇湯の谷(熊本県阿蘇市) 霧島(鹿児島県霧島市) 薩摩硫黄島(鹿児島県鹿児島郡)	不明	大凡 1 mg/kg 強 0.9～1.7 mg/kg (平均 1.2 mg/kg) 16.0～22.5 mg/kg (平均 19.5 mg/kg) 2.4～2.7 mg/kg (平均 2.6 mg/kg) 1.4～25.5 mg/kg (平均 13.2 mg/kg) 0.13～3.65 mg/kg (平均 0.64 mg/kg) 0.0～49.0 mg/kg (平均 25.9 mg/kg) 0.046～1.46 mg/kg (平均 0.22 mg/kg)	
	粟野岳温泉八幡地獄(鹿児島県桜島)	不明	3.7 mg/kg	
	地圏における Hg のクラーク数	不明	0.2 mg/kg	

参考3. 原料中の水銀濃度

	対象物	水銀の形態	濃度(mg/kg)	出典・根拠
原料	鉄鉱石	不明	0.0295 mg/kg	高岡、大下；“鉄鋼業における水銀排出挙動”，(財)鉄鋼環境基金研究報告書(06・07 大気-164)
	コークス用原料炭	不明	0.043 mg/kg	
	PCI 炭	不明	0.0515 mg/kg	
	石灰石	不明	0.0199 mg/kg	
	コークス	不明	0.0142 mg/kg	貴田、平井、酒井、守富、高岡、安田；“平成18年度廃棄物処理等科学研究費研究報告書 循環廃棄過程を含めた水銀の排出インベントリーと排出削減に関する研究(K1852)” (2007)

参考4. 窯業製品中の水銀濃度

	対象物	水銀の形態	濃度(mg/kg)	出典・根拠
窯業製品	普通ポルトランドセメント	不明	0.0006～0.0245 mg/kg (平均 0.0051 mg/kg)	社団法人セメント協会資料(原出所：コンクリートからの微量成分溶出に関する現状と課題、土木学会)
	高炉セメント B 種	不明	0.0016～0.0282 mg/kg (平均 0.0110 mg/kg)	

第4章 世界における水銀の需給と排出

世界における水銀の排出・使用の実態について、UNEP 水銀プログラムで作成された資料、INC1、2 において発表された資料等をもとに、世界及びアジアを中心とした地域別、産業分野別の水銀の供給から排出の実態を把握し、整理した。

UNEP では、2002 年から世界の水銀の実態調査を手がけている。ここでは、2005 年における世界の水銀の供給、需要、排出実態、需要動向について、主として下記の報告書を参考に整理した。

- UNEP 11.2006:Summary of Supply, Trade and Demand Information on Mercury
- AMAP/UNEP, 2008:Technical Background Report to the Global Atmospheric Mercury
- Peter Maxson 11.2008 : Excess Mercury in Asia. 2010-2050
- INC2 Meeting Document 1.2011:Study on Mercury sources and Emissions and Analysis of the Cost and Effectiveness of Control measures
- INC2 Meeting Document 1.2011:Reducing Mercury Emissions from Coal Combustion in the Energy sector

4.1 水銀の供給源

1) 分野別の水銀供給量

表 4.1.1 に 2005 年の世界の分野別の水銀供給量を示す。

合計 3,040～3,860 t の供給量のうち、一次採掘からの水銀供給量が 1,350～1,600 t と全体の 40%以上を占め、次いで、廃止された水銀隔膜法プロセスからの回収水銀量が 600～800 t、副生物からの回収水銀が 450～600 t と続いており、これらで世界の水銀供給のおおよそ 80%以上を占めている。

表4.1.1 世界の分野別の水銀供給量 (2005年)

分 野	供給量(t)
一次採掘	1,350～1,600
副生物からの回収水銀	450～600
塩素-アルカリ法からの回収水銀	90～140
その他の回収水銀	450～520
廃止された塩素-アルカリ設備からの回収水銀	600～800
保管	0～200
合 計	3,040～3,860

出典：UNEP 11.2006 Summary of Supply, Trade and Demand Information on Mercury

2) 地域別の水銀供給量

2005 年の世界の地域別の水銀供給量を表 4.1.2 に示す。最大値と最小値の幅で示されているが、東アジア及び東南アジア、CIS およびその他のヨーロッパ地域への供給量が大きい。

表 4.1.2 世界の地域別の水銀供給量(2005年)

地域	地域への水銀供給量(t)
東アジア及び東南アジア	900~1,300
南アジア	100~200
EU (25カ国)	400~800
CIS及びその他のヨーロッパ地域	800~1,200
北アメリカ	300~500
その他の地域	120~500
合計	2,620~4,500

出典：UNEP 11.2006 Summary of Supply, Trade and Demand Information on Mercury

4.2 水銀の需要

1) 分野別の水銀の需要

2005年における世界の分野別の水銀需要の実態を表 4.1.3 に示す。小規模金採掘(ASGM)分野で 650~1,000 t と需要量全体の 20~30%を占めている。次いで、塩化ビニル製造、塩素-アルカリ製造、電池等の用途が続いている。

表 3.1.3 世界の分野別の水銀需要 (2005年)

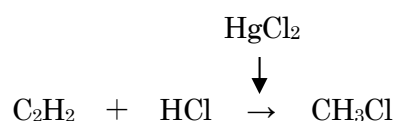
分野	需要量(t)
小規模金採掘(ASGM)	650~1,000
塩化ビニル製造	600~800
塩素-アルカリ製造	450~550
電池	300~600
歯科用材料	240~300
工業計測器	150~350
電子部品	100~150
照明器具	150~350
その他	30~60
合計	3,000~3,900

出典：UNEP 11.2006 Summary of Supply, Trade and Demand Information on Mercury

2) アジアにおける水銀の需要

表 4.1.4 は、2005年の中国、東アジア及び東南アジア地域における分野別の水銀重要量を示している。

表 4.1.2 では東アジア及び東南アジアと南アジアの合計で、1,000~1,500 t となるが、表 4.1.4 では、出典が異なるために、アジア地域全体では 2,072~2,722 t の凡そ 2 倍の開きがある。表 4.1.4 でみると、中国の需要量が 1,425~1,845 t とアジア全体の 7 割程度を占めている。中国の需要分野を見ると、最大の需要先が塩化ビニルモノマー製造で 700~800 t となっている。塩化ビニル製造は、アセチレンと塩酸を塩化第一水銀（触媒）のもとで反応させて、塩化ビニルを製造する方法である。



なお、小規模金採掘分野は、東アジア及び東南アジア地域で、288~384 t の需要があるとされているが、中国でも 120~240 t と推定されている。

表 4.1.4 中国、東アジア及び東南アジア地域の分野別の水銀重要量(2005年) (単位:t)

分野	中国		東アジア及び東南アジア(中国を除く)		南アジア	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大
小規模金採掘(ASGM)	120	240	288	384	3	12
塩化ビニルモノマー製造	700	800	0	0	0	0
塩素-アルカリ製造	—	—	4	8	35	40
電池	150	250	50	70	30	50
歯科用材料	45	55	25	31	22	32
計測器、制御機器	280	310	20	30	40	50
照明器具	60	70	20	25	20	25
電気・電子機器	30	40	15	20	25	30
その他	40	80	30	40	20	30
合計	1,425	1,845	452	608	195	269

出典：Excess Mercury in Asia, 2010-2050

4.3 水銀の排出

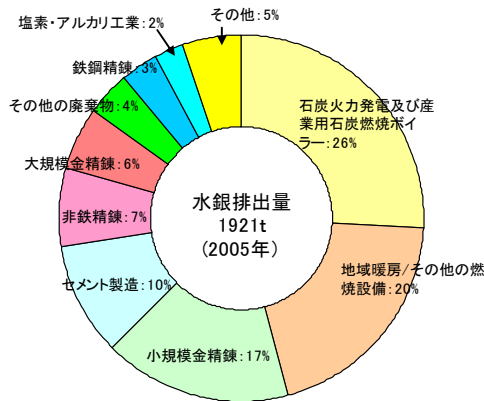
1) 分野別の大気への水銀排出

2005年の世界における人為的な大気への水銀の推定排出量を、表 4.1.5 及び図 4.1.2 に示した。大気への水銀の総排出量は 1,921 t と推定されている。主な排出源は、産業用の石炭燃焼ボイラーからの 498 t (339~657 t)、地域暖房や他の燃焼施設からの 382 t (257~506 t) で、この2つの燃焼に関連する分野で総排出量の 46%を占めている。また、小規模金製錬からの 323 t も 17%を占めている。続いて、セメント製造の 189 t (10%)、非鉄製錬の 132 t (7%) と続いている。

表 4.1.5 2005年の世界の分野別の人為的な大気への推定排出量(2005年)

分野	2005年の排出量(t)	排出割合(%)
石炭火力発電ボイラー及び工業用石炭燃焼ボイラー	498 (339~657)	26
非鉄金属製錬 (銅、亜鉛、鉛)	132 (80~185)	7
大規模金製錬	111 (66~156)	6
セメント製造	189 (114~263)	10
廃棄物燃焼	42	2
地域暖房/他の燃焼設備	382 (257~506)	20
小規模金製錬	323	17
その他の廃棄物	74	4
一貫製鉄所、製鋼部門	61 (35~74)	3
塩素-アルカリ工業	47 (29~64)	2
歯科用材料	27	1
その他	26	1
水銀製品	9 (5~12)	0.5
合計	1,921	

出典：AMAP/UNEP, 2008:Technical Background Report to the Global Atmospheric Mercury



出典：AMAP/UNEP, 2008 Technical Background Report to the Global Atmospheric Mercury

図 4.1.2 世界の分野別の人為的な大気への推定排出量(2005年)

2) 世界の地域別の水銀排出量

表 4.1.6 は、2005 年の世界の地域別の水銀排出量を分野別に示している。なお、表 4.1.6 では、前出の表 4.1.5 にある小規模金製錬 (323 t) やその他廃棄物 (74 t) 等の分野が含まれていない。世界の排出量 1,480 t に対して、アジアでの排出量 977 t は世界の 66% を占めて、突出している。各地域別の排出割合を図 4.1.3 に示す。

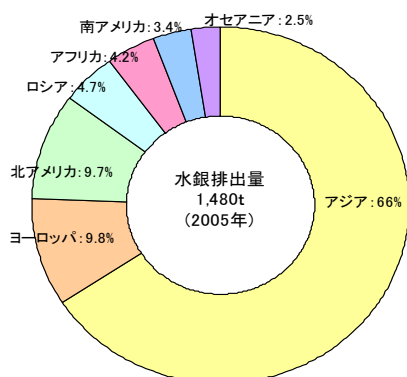
また、分野別では石炭等固定燃焼源が 880 t と全体の 60% を占め、セメント製造、非鉄金属製錬、金製錬が続いている。アジアの石炭等固定燃焼源 622 t だけでも世界の 42% を占めており、同地域でのエネルギー消費構造が反映しているものと考えられる。また、廃棄物焼却とその他を除く、非鉄金属製錬、製鉄業、セメント製造、金製錬、苛性ソーダ製造で、アジアからの排出がトップである。廃棄物焼却からの排出量では、欧州や北アメリカ地域で多い。

表 4.1.6 世界の地域別の水銀排出量 (2005年)

(単位：t)

地域	石炭等固定燃焼源	非鉄金属製錬	製鉄業	セメント製造	金製錬	廃棄物焼却	苛性ソーダ製造	その他	合計	割合 (%)
アフリカ	37.3	2.1	1.6	10.9	8.9	0.6	0.1	0.0	61.6	4
アジア	622	90.0	24.1	138	58.9	5.7	28.7	9.4	977	66
欧州	76.6	18.7		18.8	0	10.1	6.3	14.7	145	10
北アメリカ	71.2	5.7	14.4	10.9	12.9	15.1	6.5	7.2	144	10
オセアニア	19.0	6.1	0.8	0.4	10.1	0.0	0.2	0	36.6	2
ロシア	46.0	5.2	2.6	3.9	4.3	3.5	2.8	1.5	69.8	5
南アメリカ	8.0	13.6	1.8	6.4	16.2	0.0	2.2	1.5	49.6	3
合計	880	141	45.4	189	111	35.0	46.8	34.3	1,480	100

出典：UNEP 2008 Technical Background Report to be Global Atmospheric Mercury Assessment より作成

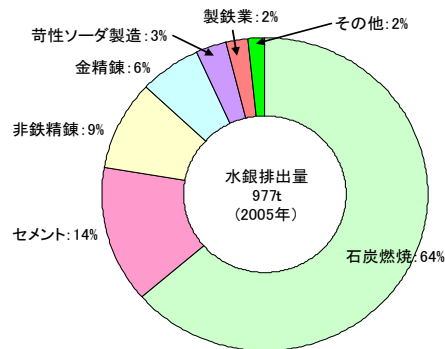


出典：UNEP 2008 Technical Background Report to be Global Atmospheric Mercury Assessment

図 4.1.3 2005 年の世界の水銀排出状況

3) アジアの水銀排出実態

表 4.1.6 からアジア地域について、分野別に水銀の排出量を示すと図 4.1.4 のとおりになる。石炭等固定燃焼源からの排出量が 622 t でアジア全体の 64%を占め、次いでセメント製造の 138 t (14%)、非鉄精錬の 90 t (9%)、金製錬 59 t (6%) となっている。



出典：UNEP 2008 Technical Background Report to be Global Atmospheric Mercury Assessment

図 4.1.4 アジアの分野別の水銀排出量(2005年)

なお、INC2 で報告された中国のエネルギー分野の石炭燃焼からの水銀に関する資料によれば、2005年の中国の石炭使用量は約 22 億 t である。このうち、石炭火力発電所での石炭使用量は全体の 56%、12.3 億 t を示しており、水銀排出量は平均で 108.6 t (最大：195.4t、最小：65.2 t) と推定されている*1。中国の石炭火力発電所からの推定水銀排出量 108.6 t は、アジアの石炭等固定燃焼源からの水銀排出量 622 t の 17.5% (最大：31.4%、最小：10.5%) を占めており、主要な排出源の一つとなっていることが考えられる。

*1：INC2 Meeting Document 1.2011：Reducing Mercury Emissions from Coal Combustion in the Energy sector

第5章 水銀の需給動向と規制による影響

5.1 水銀の需給動向

UNEP は、2006 年に公表した“Summary of Supply, Trade and demand information on Mercury”の中で、2015 年における水銀の需要予測を行っている。この予測は、塩素-アルカリ工業、電池、歯科用材料、計測機器、照明器具、電気・電子部品、小規模金採掘、塩化ビニル製造等の分野において、通常シナリオ (Status quo scenario) と削減目標に向けた取り組みがおこなわれた場合のシナリオ (Focused Hg reduction Scenario) の 2 つケースを想定し、2015 年の需要量を予測したものである。表 5.1.1 に予測シナリオの主な分野の前提条件を示す。

表 5.1.1 予測シナリオの主要な分野の前提条件

	通常シナリオ (Status quo scenario)	削減に向けた取り組みシナリオ (Focused Hg reduction Scenario)
塩素-アルカリ工業	2005 年の生産能力が 1000 万 t から 2020 年までに 400 万 t に減少。これに伴い 2015 年の Hg 需要量は 300 t に減少すると予測。	BEP の普及により 2015 年の需要量は 250 t に減少。
電池類	市場での Hg 濃度の低下のニーズは高まるが、一定の効果しか期待されず、2015 年の需要量は 200 t。	中国などでの Hg フリー化が進むみ、2015 年には 100 t 以下。
小規模金採掘	Hg 価格が 25 \$/kg 以上であれば、効率的に Hg が使用されるが、10\$/kg 以下であると削減努力は進まない。	Global mercury Project で推定されているように小規模金採掘では、30~50% の水銀が無駄に使用されており、この無駄がなくなる。
塩化ビニル製造	中国において塩化ビニルの製造が拡大し、2006 年の需要量 700 t が 2010 年には 1,000 t に増加する。	中国において、2005~2015 年の 10 年間は塩化ビニル生産量が維持される。

表 5.1.2 に 2015 年における世界の需要予測結果を示す。通常シナリオ (Status quo scenario) では 2,870 t の需要が、削減目標に向けた取り組み場合のシナリオ (Focused Hg reduction Scenario) 場合では、2,300 t の需要があると予測されている。また、図 5.1.1 に 2005 年の需要動向、図 5.1.2 及び図 5.1.3 に 2005 年と 2015 年の予測シナリオの 2 ケースの需要予測を示す。予測結果からいずれのケースにおいても塩化ビニル製造の増加が顕著である。

表 5.1.2 2015 年における世界の水銀の需要予測結果

分野	2005 年	Status quo scenario(2015 年)	Focused Hg reduction Scenario (2015 年)
小規模金採掘	650~1,000	650	400
塩化ビニルモノマー (VCM) 製造	600~800	1,000	1,000
塩素-アルカリ製造	450~550	350	250
電池類	300~600	200	100
歯科用材料	240~300	270	230
計測・制御機器	150~350	125	100
照明器具	100~150	125	100
電気・電子機器	150~350	110	90
その他 (塗料・文化/伝統的用途等)	30~60	40	30
合計	3,000~3,900	2,870	2,300

出典：2006 UNEP Summary of Supply, Trade and demand information on Mercury より作成

図 5.1.1 2005 年の世界の水銀需要量

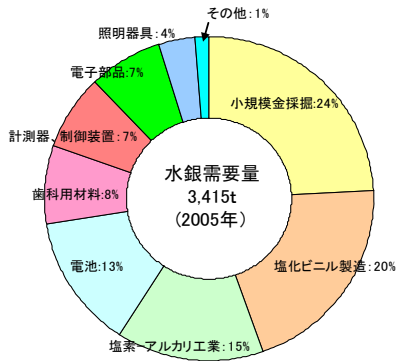


図 5.1.2 通常シナリオ (Status quo scenario)

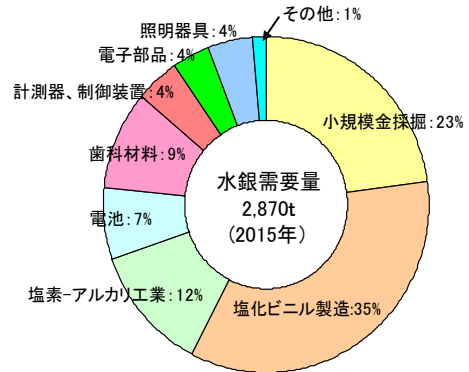
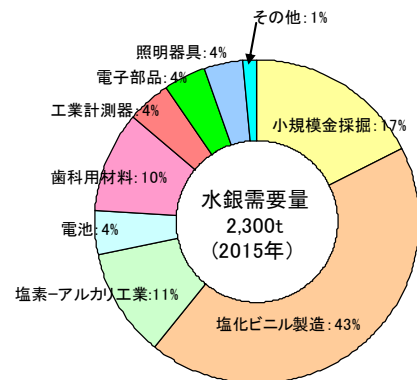


図 5.1.3 削減に向けた取組シナリオ (Focused Hg reduction Scenario)による 2015 年の予測結果

出典: 図 4.1.1~4.1.3は、2006 UNEP Summary of Supply, Trade and demand information on Mercury より作成



5.2 アジアにおける水銀の需給動向

アジアにおける水銀の需要動向については、2008 年 1 月にタイのバンコクで開催された Inception Meeting of the Asian Mercury Storage Projectにおいて、Peter Maxsonが “Excess Mercury in Asia. 2010-2050”の中で 2010 年から 2050 年までのアジア地域での水銀需給の予測結果を報告している。表 5.2.1 に予測のための条件を示す。

表 5.2.1 予測のための前提条件

項目	中国	東アジアと東南アジア (中国除く)	南アジア
小規模金採掘	2005 年以降 10 年間については、毎年 5%消費量が減少。		
塩化ビニル製造	2010 年までは 1,200 t の需要量があるが、2015 年までは横ばい、2015 年~2030 年に設備廃却。	該当なし。	該当なし。
塩素アルカリ工業	新設設備の建設はなし。	2020 年までに水銀隔膜法の設備廃却。	インドは 2012 年までに水銀隔膜法の設備廃却。その他は 2012 年設備廃却。
電池類	2015 年までに水銀消費量を 75%削減。2025 年までに残りの部分を削減。		
歯科用材料	2015 年までに水銀消費量を 15%削減。2050 年までに残りの部分を順次削減。		
計測、制御機器	2015 年までに水銀消費量を 60%削減。2017 年には体温計と血圧計については Hg フリー化。2025 年までに残りの部分を削減。		
照明器具	2015 年までに 20%削減。2050 年までに順次全廃。		
電気、電子機器	2015 年までに 55%削減。その後、2050 年までに順次削減。		
その他	2020 年までに 25%削減。2050 年までにさらに 50%削減。		

出典：Excess Mercury in Asia. 2010-2050 より作成

その結果を表 5.2.2 に示した。中国を除くアジア地域では、2030 年まで消費量が供給量を上回る状況が続く。それ以後では余剰水銀が発生するが、2050 年での発生量は 100 t に届かないと推定されている。一方、中国では 2015 年になると、余剰水銀が発生すると予測されている。アジア全体では、2015 年には、供給量と需要量がほぼ均衡すると予測されている。この結果から、2015 年以降は、少なくともアジア地域では水銀が余ることになり、水銀価格の下落とともに余剰水銀の保管などの対策が必要となることが考えられる。

図 5.2.1～5.2.2 にアジア地域（中国を除く）及び中国における水銀の需要動向を、図 5.2.3 にアジア全体の余剰水銀の発生の予測結果を示した。

表 5.2.2 アジアにおける水銀の需要動向の予測結果

地域		2005年*	2010年	2015年	2020年	2025年
アジア地域 (中国を除く)	供給量	130	244	266	235	178
	消費量	877	551	400	299	228
	余剰水銀量	-747	-307	-134	-64	-50
中国	供給量	1,830	1,639	1,842	1,335	829
	消費量	1,845	1,892	1,698	1,189	701
	余剰水銀量	-15	-253	144	146	128
アジア全体	供給量	1,690	1,883	2,108	1,570	1,007
	消費量	2,722	2,443	2,098	1,488	929
	余剰水銀量	-762	-560	-10	82	78

地域		2030年	2035年	2040年	2045年	2050年
アジア地域 (中国を除く)	供給量	191	192	192	189	186
	消費量	192	161	134	110	88
	余剰水銀量	-1	31	58	79	98
中国	供給量	700	703	703	697	691
	消費量	261	225	192	160	130
	余剰水銀量	439	478	511	537	561
アジア全体	供給量	891	895	895	886	877
	消費量	453	386	326	270	218
	余剰水銀量	438	509	569	616	659

出典：Excess Mercury in Asia. 2010-2050 より作成

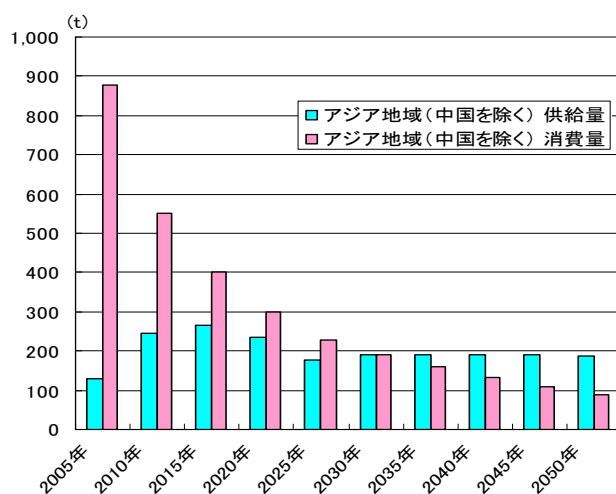


図 5.2.1 中国を除くアジア地域の水銀の需給動向

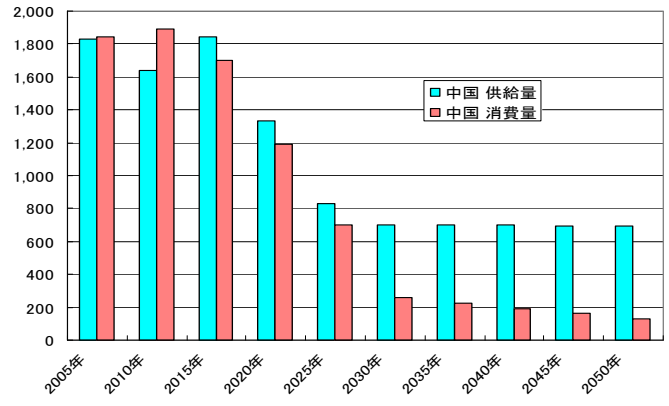


図 5.2.2 中国の水銀の需給動向

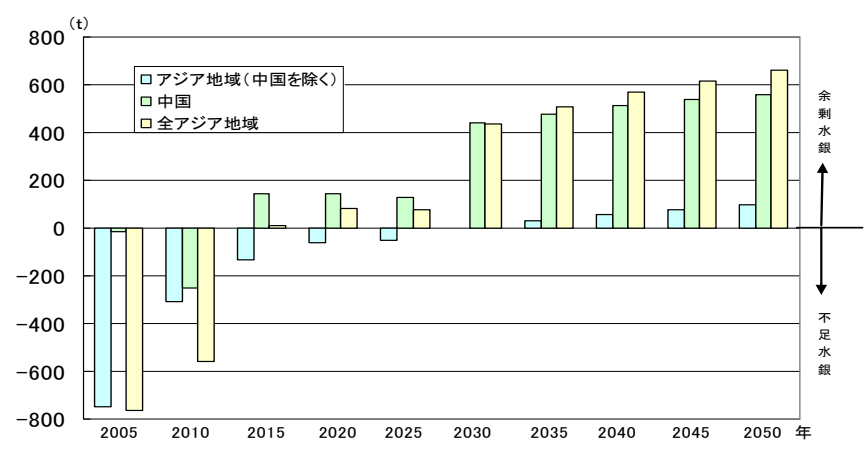


図 5.2.3 アジア地域における余剰水銀の発生予測

出典：図 4.2.1～4.2.3 は Excess Mercury in Asia. 2010-2050 より作成

5.3 水銀規制による影響（現時点での想定）

2011年1月のINC2では、水銀の輸出入を基本的に認めないとする方向でまとまった。INC2では、水銀の供給源、余剰水銀の環境上適正な保管、国際貿易、水銀添加製品、水銀等を用いた製造プロセス、大気への排出、水や土壌への放出、水銀廃棄物の定義、汚染土壌の回復、資金と技術支援、普及啓発などが議論となった。

我が国における水銀の供給源は、各種産業プロセスからの副生物や使用済製品に含まれる水銀であり、ここから回収される水銀量は、国内需要を上回っており、結果として余剰分が輸出されている状況にある。そのため、水銀の輸出入が制限されれば、国内で余剰水銀の保管と処理を行う必要が生じ、回収分野だけでなく、副生物の発生元にも影響が及ぶ。また、ボタン形電池や蛍光灯などの水銀添加製品は、単品あるいは各種機器や装置などに組み込まれて、輸出されており、この分野への影響も懸念される。

水銀に関わる規制が導入された後は、世界全体では需要と供給の両方で減少することが予想されるが、規制の時期や地域によっては水銀供給がタイトになり、価格が上昇する可能性もある。

表 5.3.1 では、INC2 で議論された項目ごとに、想定される我が国への影響を整理した。今後の水銀条約の交渉において、世界的な水銀の環境への放出削減に貢献する一方、水銀添加製品の動向や国内の環境への水銀排出等の実態を踏まえ、国内産業が過度の影響を受けることのないよう留意されるべきである。

表 5.3.1 水銀に関わる条約の発効による世界需要動向の変化と想定される我が国への影響例

INC2 において議論された項目	予測される規制	世界の水銀需給動向の変化(予測)	我が国への影響（プラス面も含む） （可能性の低いものも含む）
a) 水銀供給の削減	<ul style="list-style-type: none"> 新たな一次鉱出水銀の採掘が禁止され、また既存水銀鉱山が閉鎖される。 一次鉱出水銀のみならず、産業プロセスからの副生物等より回収される二次水銀で、自国内で必要以外の余剰水銀の輸出が禁止もしくは制限される。 制限に関しては、自国内で認められる用途に使う水銀量が確保できない場合に限り、輸入できるとする。 	<ul style="list-style-type: none"> 少なくとも、これまで供給してきた一次鉱出分の水銀供給量は減少する。 一次鉱出水銀の産出だけが止まれば、水銀供給がタイトとなり、水銀価格が上昇する。 二次水銀の輸出が制限される場合は、一次鉱出水銀も当然禁止になっていると考えられるため、水銀の供給量は激減する。 小規模金採掘(ASGM)や水銀利用の産業プロセスが継続していれば、水銀価格はさらに上昇する。 ASGM や水銀利用の産業プロセスがなくなれば、水銀供給量のみならず、需要量も減少するから、水銀価格が低下する。 	<ul style="list-style-type: none"> 現在、水銀鉱山がないことから、閉山による直接的な影響はない。 水銀供給不足により、これまで一次鉱出水銀に依存していた水銀消費(利用)国から、水銀調達の依頼が増加する。(前提：輸出入が禁止されない) 水銀価格の上昇により、水銀の処理委託費が低下する(但し、供給国間の競争が起こることも考えられる)。 二次水銀のうち、自国内で必要な分以外の余剰水銀については自国内で保管することになる。 それに対応した法整備(保管、輸出禁止・制限)が必要となる。 (以下は“環境上適正な保管の能力強化”へ) 水銀価格の上昇により、水銀の処理委託費が低下する。 但し、供給過剰によって、水銀価格が低下し、そのために逆に水銀の処理委託費が増大する。 水銀の処理委託費の増大で、産業プロセスのコスト上昇→製品・サービス価格の上昇→(国際競争力の低下)の可能性もある。

<p>b) 環境上適正な保管の能力強化</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・自国内で回収した二次水銀(水銀化合物含む)で、認められる用途分以外の余剰水銀に関して、自国内での環境上適正な保管が義務付けられる。 ・自国内で使用済水銀添加製品(例えば使用済みの蛍光灯やボタン形電池のように抽出する工程が必要なもの)からの水銀回収ができない場合は、水銀回収技術を有する第三国への輸出とその国での保管を認める。 	<ul style="list-style-type: none"> ・二次水銀の余剰分の輸出が制限される場合は、一次鉱出水銀も当然禁止になっていると考えられるため、世界全体では水銀の供給量は激減する。 ・ASGM や水銀利用の産業プロセスが継続していれば、水銀価格はさらに上昇する。 ・ASGM や水銀利用の産業プロセスがなくなれば、水銀供給量のみならず、需要量も減少するから、水銀価格が低下する。 ・世界的には供給量がさらに増加する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・二次水銀のうち、自国内で必要な分以外の余剰水銀については自国内で保管することになる。 ・それに対応した法整備(保管、輸出禁止・制限)が必要となる。 ・販売できずに保管することになれば、そのコストに見合う処理費が上昇する。現状では、環境上適正な保管のコストを水銀供給源である産業プロセスからの副生物発生元や一般廃棄物の処理責任のある自治体の負担が増大する可能性がある。その場合、産業プロセスにおいては製品・サービス価格の上昇→(国際競争力の低下)の可能性もある(我が国と拮抗する国が批准しない場合)。 ・条約で余剰水銀が「廃棄物」に定義されると「廃掃法」等との水銀に関連する法律との整合性をとる必要がある。 ・現在回収されている水銀回収のコストを発生事業者の負担にする場合は、特定の業種(例えば、非鉄精錬業)の負担増となる。 ・水銀回収技術を有する我が国にとってはビジネスチャンスになる。しかし、回収した水銀をどのように扱うかにより、輸出国分の水銀量も保管することになれば、それだけリスクは増大する。(単に日本が処理委託を請け負って回収した二次水銀を輸出国に戻す場合は、我が国への影響はない。) ・ただし、保管費の分担の問題は依然残る。
<p>c) 水銀の国際貿易の削減</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・金属水銀が全面的に輸出禁止に、もしくは輸出が制限される。 	<p>(前提：少なくとも一次鉱出の水銀鉱山が閉鎖されている)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・世界全体で水銀供給量は減少し、需給バランスが崩れる。国によっては金属水銀が余剰分となる可能性がある。 ・認められる用途に用いる水銀量が確保できない国がでてくる可能性があるが、水銀価格の上昇の可能性は低い。 ・水銀を用いた産業プロセス(クロルアルカリにおける水銀や金採掘)への水銀の供給量が削減する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・水銀の輸出禁止等によって、一次的に水銀輸出企業(=水銀回収企業)においては、水銀輸出(水銀販売)による利益がなくなるだけでなく、余剰水銀の保管費用が発生する。その結果、二次的に、水銀供給源である水銀含有副産物や使用済みの水銀添加製品の受け入れ費用が増大し、これらの発生元が負担する委託処理費が増大し、産業プロセスでは製品生産コストの上昇、一般廃棄物であれば自治体の処理費用の上昇に繋がる。 ・産業分野においては、副生物の委託処理費用の増大や電力料金の上昇による製品コストの上昇等の結果、国際競争力の低下に繋がる可能性がある。 ・日本では水銀法電解は 1986 年までに隔膜法やイオン交換膜法に転換され、99 年には全て交換膜法になっているために、影響は無い。また、ASGM への用途もないため、その影響もない。 ・一方、欧州では水銀法プラントが稼動しているところがあることから、その産業分野に関して、我が国の競争力が高まる可能性もある。

	<ul style="list-style-type: none"> 水銀を含有(混入)する再生資源の輸出が禁止される(水銀廃棄物の管理へ) 	<ul style="list-style-type: none"> 水銀が回収されなかったものが、発生国内にとどまる。 一方、水銀の需給に変化はない。 	<ul style="list-style-type: none"> バーゼル条約では、対象となるものが水銀を含有し、かつ有害な特性を有する場合、その輸出は原則禁止されているが、現在、OECD加盟国間では認められているものが禁止になった場合は影響を受ける。 国内での分別作業が必要となる。
	<ul style="list-style-type: none"> 必要な用途以外の余剰水銀の輸出も禁止もしくは制限される(可能性は低い?) 	<ul style="list-style-type: none"> 需要量に対する供給量の多さには変化がないと見られる 	<ul style="list-style-type: none"> 海外で水銀添加製品を製造している場合(東南アジアでの蛍光灯やボタン形電池の製造など)、進出先で水銀が調達できない可能性もある。あるいは輸出入の手続きが大変となる。
d) 水銀添加製品の制限	ここでは製品別に検討する。		<ul style="list-style-type: none"> 代替製品の製造技術の途上国への移転ビジネスの可能性がある。 使用済水銀添加製品の適正な処理・処分・保管体制の確立が必要となる。
	電池(乾電池・ボタン形電池)	<ul style="list-style-type: none"> 水銀の需給には変化がないが、無水銀化ボタン形電池への移行が早まり、需要量は減少傾向に。 	<ul style="list-style-type: none"> アルカリ乾電池及びボタン形電池はいずれも電池単体だけでなく、これらを組み込んだ製品も影響を受けることになる。
	時計	<ul style="list-style-type: none"> 無水銀化ボタン形電池への移行が早まり、需要量は減少傾向。 腕時計から回収されている電池から回収される水銀量が減少することによって供給量は減少すると見られる。 	<ul style="list-style-type: none"> 一部の腕時計に水銀添加の酸化銀電池が使用されているが、生産量が少ないので日本国内の時計メーカーへの影響は少ない。 一部の時計にはアルカリボタン電池が使われているが、無水銀化のものが販売されているので国内時計メーカーへの影響は少ない。 海外製造品で一部通常の酸化銀電池を使用しているメーカーがあるが、この部分の置き換えも進み、国内時計メーカーへの影響は少ない。 輸入腕時計は、現地メーカーと電池仕入先との取引次第であるが、代替可能性はあり影響は少ない。しかし特殊なものについては、輸入できなくなる可能性がある。 廉価な時計や景品用のもので、水銀添加電池が使われているとすれば、輸入が制限される可能性がある。 一部の特殊な時計を除いては、水銀添加電池の需要が減少することにより、回収水銀量も減少すると考えられる。
	計測機器	<ul style="list-style-type: none"> 製品によって代替ができないものがあるが、使用が制限されれば、その分の水銀の需要量は減少する可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ガラス製水銀温度計の代替可能性が少ないので、水銀の使用が制限されると、製造企業のみならず、利用者(国内ユーザー、輸出していれば輸出先ユーザー)に影響が出る。 水銀充満式温度計、高温用ダイヤフラムシール圧力計、気圧計も同様に影響を受ける。
	基準器	<ul style="list-style-type: none"> 製品によって代替ができないものがあるが、使用が制限されれば、その分の水銀の需要量は減少。 	<ul style="list-style-type: none"> いずれの基準器も代替可能性が低いので、製造企業だけでなく利用者(国内、海外)にも影響がでる。

	分析機器	<ul style="list-style-type: none"> ・使用が制限されればその分の水銀の需要量は減少するが、その量は少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・分析機器や標準試料など、代替可能性の低いものが多く、製造企業やユーザー(メーカー、研究機関など)への影響は大きい。 ・欧州規制では、代替不可能な用途については、規則適用の例外が認められているので、整合性をとる必要がある。
	医療用計測器・医療機器	<ul style="list-style-type: none"> ・使用が制限されればその分の水銀の需要量が減少する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・水銀体温計においては、電子体温計が普及しているために、影響は少ない。 ・今後の規制の進み具合によっては、初期においては廃棄量の増大が見込まれ、それに伴い回収量が増えることが考えられる。 ・水銀式血圧計においては、電子血圧計が普及しているが、現在でも35万台以上が医療現場で使用されているので移行までに時間を要することに配慮が必要である。 ・その他の医療機器においては、代替可能性が低いので、製造企業、医療関係者への影響が大きい。 ・患者への影響も生じる。
	電気スイッチ及びリレー	<ul style="list-style-type: none"> ・使用が制限されればその分の水銀の需要量が減少するが、その量は少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・用途によって、代替ができないものもあり、その場合は影響が及ぶ。 例) 自動腹膜透析装置(医療機器)における傾斜スイッチ ・自動車用エアバッグセンサーやABSセンサーでは現在新車には使われていないが、旧型車においては補修用部品としての用途があり、制限するとすれば移行期間が必要となる。
	電球類	<ul style="list-style-type: none"> ・使用が制限されればその分の水銀の需要量が減少するが、その量は少ない。 ・使用済ランプから回収される水銀量が減少するため、供給量も低下する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・蛍光ランプ及びHIDランプは、今後LEDの性能向上に伴ってLEDランプへの切り替えが進むと予測されるが、一般照明用途及び特殊用途いずれにおいても、まだ性能・コスト面で代替できない製品が圧倒的に多く存在し、輸出入規制も含めて適用除外にしないと影響は甚大である。 ・殺菌ランプ、紫外線ランプ、産業用の紫外線硬化用ランプなど、代替製品がない特殊用途分野への影響も大きい。 ・代替可能性のある一般照明用蛍光ランプ・HIDランプ、バックライト用の冷陰極蛍光ランプ及び一部の自動車ヘッドライトについてはLEDランプの普及が進む。 ・一方、既存製品(液晶TVやディスプレイ等)の補修用部品の用途分野へは影響がある。 ・ボタン形電池と同様に、照明装置や医療機器や産業機器などの各種ディスプレイなどにも使われているので、輸出入の制限、海外での生産における調達の問題、利用者の補修用部品の提供などへの影響は大きい。 →このような装置の製造分野への影響は大きい。

			<ul style="list-style-type: none"> ・途上国に進出している日系企業の工場照明やビル内照明などにも影響がある。 ・途上国においては、省エネランプとして従来の白熱ランプから代替されてきており、日本メーカーが制限しても、中国等の海外メーカーが供給する可能性があることから、日本企業の競争力が低下することが見込まれる。
	医療用材料	<ul style="list-style-type: none"> ・需要量が減少する傾向にある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・歯科用汞については、レジンが普及しており、需要が減少するが、レジンの耐久性や封鎖性にやや難があるとして歯科用アマルガムの継続を主張する歯科医も少なくない。そのため、その分の影響がある。 ・健康保険の適用材料であることから、その対応が求められる。 ・ワクチン保存剤への影響がある。
	無機薬品	<ul style="list-style-type: none"> ・使用が制限されればその分の汞の需要量が減少する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・標準試料、試薬用途の使用が制限されれば、分析などに影響を受け、開発や分析機器の校正などにも影響が及ぶ。 ・銀朱は伝統産業の材料や文化財の補修用の材料であるために、その分野への影響が生じ、伝統技術を支えることができなくなる。 ・高級絵の具は、海外にも輸出されており、海外ユーザーへの影響もある。
	灯台用回転灯器	<ul style="list-style-type: none"> ・減少傾向にある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・国内では 1967 年以降で新設がないが、運用中の装置の予備として保管しなければならないので、移行期間を充分にとる必要がある。
e) 工程中の汞需要の削減	<ul style="list-style-type: none"> ・工程中への汞：塩素・アルカリ製造工程への汞使用禁止もしくは削減、小規模金採鉱への汞使用禁止もしくは汞使用が制限され、汞の管理が強化される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・途上国における需要量の相当量が塩素・アルカリ製造用とみると、需要量は大きく後退し、小規模金採鉱向けの需要量は次第に減少するか、価格低下で逆に上昇する可能性もある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・汞を使用したプロセスは現状ではないので、影響はない。 ・汞を使った金採取も行われていないので影響はない。 ・海外ユーザーへの汞提供分が減少する(前提として、輸出入が禁止・制限されていない場合)。 ・中国やインドにおいて工業プロセスを変更する場合、変更までに時間を要することから、その製品分野において我が国の競争力が一時的に高まる。 ・海外での汞隔膜法からイオン交換膜法への転換に当たり、技術移転ビジネスの可能性はある。
f) 汞の大気放出の削減	<ul style="list-style-type: none"> ・対象となる産業プロセス(石炭燃焼、セメント製造、非鉄製錬等)からの汞放出削減義務(BAT/BEPの導入義務化など) 	<ul style="list-style-type: none"> ・回収汞量が増大した場合、供給量は増大する。 ・汞価格は低下する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・我が国では、石炭火力発電、セメント製造等が検討の対象となっているものの、現行の大気汚染防止法に対応済みであり、排ガス処理技術で世界最高水準である。しかし、BAT/BEPの導入義務が課された場合、さらなる設備投資が必要になり、産業界への負担が大きくなる可能性がある。 ・非鉄原料(精鉱)や燃料(石炭、原油、天然ガス)など低汞ほど価格が上昇する可能性があり、資源確保やエネルギーセキュリティ等への影響も生じる。 ・セメント製造では各種産業の副生物を受

			<p>け入れており、水銀含有量に応じた対応となる可能性もある。その場合、産業界に与える影響は大きい。</p> <ul style="list-style-type: none"> 回収水銀量が増大した場合、環境への排出が抑制される一方で、保管量が増大する。 途上国にも排ガス規制基準の設定等が盛り込まれると、排ガス処理ビジネスのチャンスが増大する。
g) 水銀廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> 水銀廃棄物の定義 		<ul style="list-style-type: none"> 石炭灰の輸出又は利用が禁止または制限されれば、発生元である電力業界などへの影響（資源循環への影響、環境保全へのマイナス影響など）がある。
	<ul style="list-style-type: none"> 特定の水銀含有製品が途上国に投棄されないような規制 	<ul style="list-style-type: none"> 回収水銀量の増大によって、供給量は増大。 	<ul style="list-style-type: none"> 対応が求められる。
	<ul style="list-style-type: none"> (南北間の対立の妥協として)水銀採掘や発生水銀含有物対応への協力 	<ul style="list-style-type: none"> 需要は減少する。 	<ul style="list-style-type: none"> 直接の影響はない。
	<ul style="list-style-type: none"> 鉱石などからの回収水銀の回収状況、回収量、保管状況、保管量の報告義務 	<ul style="list-style-type: none"> 需要は減少する。 	<ul style="list-style-type: none"> 事務手続きが負担になる可能性がある。