

日本における水銀の需給状況と最新技術によるリスク削減のための取組

要 約 :

- ・ 日本は水俣病経験国として、環境中に放出される可能性がある水銀量の低減につながるよう、各種製品の製造工程における水銀使用量の削減に努めてきている。本稿は、日本が講じてきた対処オプションとその削減効果について記述し、UNEP における今後の BAT 等の議論に貢献するものである。

【日本における生産・輸出入状況】

- ・ 日本では 1974 年に北海道の鉱山が閉山したのを最後に、水銀の鉱出は行われていない。現在は、電池、照明機具等から約 15t/年、精錬副産物等から約 75t/年の金属水銀が回収され、出荷されている。
- ・ 日本の水銀（金属水銀）の輸出量は 50～250 t/年、輸入量は 3～10t/年であり、特に輸出量は年変動が大きい。

【日本における水銀使用量削減及び代替物質使用の状況】

- ・ 日本では、多くの産業分野で水銀の使用量の削減が進められてきている。
- ・ マンガン乾電池・アルカリ乾電池では水銀はもはや使用されておらず、水銀電池等についても 1 個あたりの水銀使用量の低減が図られてきている。
- ・ 蛍光灯 1 本あたりに含まれる水銀量は、1974 年頃には 50mg であったが、2005 年については 7.5mg と低減している。
- ・ 水銀体温計、水銀柱血圧計については、現在も生産されているものの、電子式が主力になっており、国内生産量は減っている。また、歯科用アマルガムについては、代替技術が用いられることにより使用量は減っている。
- ・ 朱墨などの赤色顔料として古来より使われている HgS（銀朱）は、国内で年間約 2000kg（約 80%銀朱）が生産されている。
- ・ 水銀リレースイッチについては、特殊用途に使用されるものの、国内で製造される自動車には従来から使用されていない。
- ・ 苛性ソーダについては、1986 年 6 月までに、全ての苛性ソーダ工場で水銀法は用いられなくなり、主にイオン交換膜法により苛性ソーダが製造されている。
- ・ 農薬については、種子消毒剤や土壌殺菌剤として使用されていたが、1973 年 10 月には有機水銀系農薬が農薬登録を失効し、全ての水銀系農薬の使用が禁止された。
- ・ 我が国では、従来カーバイド・アセチレン法により塩化ビニルモノマーを製造しており、アセチレンに塩化水素を添加する際に水銀触媒(HgCl₂)を用いていたが、コスト上昇などで、1960 年代に EDC 法、オキシクロリネーション法へと転換され、現在水銀触媒は使用されていない。

【環境中への排出】

- ・ 日本国内の学術研究の結果によれば、年間の大気への排出量は24～28トン、水系への排出量は0.34トン程度、土壌への排出量はほとんどないとされている。これら以外では、廃棄物として埋立処分されるケースがあり、関係法令に従い、管理されている。

【マテリアルフロー】

- ・ 日本国内を主とした水銀のマテリアルフローにおいては、廃棄物及び非鉄金属精錬からの回収によるリサイクルが大きな位置を占めていることが特徴の一つであるが、全体としてはなおも数値情報が不足する部分があることから、今後、更に精緻化を予定している。

【水銀により汚染された場所に関する健康・環境影響、修復費用】

- ・ 水俣病の例から、我が国が得た教訓は、経済発展を優先し環境を軽視する活動は、健康被害など、後で修復するのが容易でない様々の甚大な損害をもたらすということである。経済的な観点においても、損害賠償にかかる多額の費用と時間は、公害を未然に防止できていたとした場合に要した対策費用と比較して、はるかに大きい。

1. はじめに

日本の高度経済成長の中で生じた有害水銀廃液による水俣病問題は、深刻な健康被害をもたらしたばかりでなく、地域社会全体に大きな犠牲を強いてきた。我が国としては、このような悲劇を二度と繰り返さないために、水俣病の経験を内外に広く伝え続けるとともに、その教訓をいかし、有害化学物質による健康被害を未然に防止し、環境を守り安心して暮らしていける社会を実現すべく、政府を挙げて取り組んでいくこととしている。

このような観点から、我が国は、環境中に放出される可能性がある水銀量の低減につながるよう、各種製品の製造工程における水銀使用量の削減に努めてきている。本稿は、日本が講じてきた対処オプションとその削減効果について可能な限り定量的に記述し、UNEP における今後のBAT等の議論に貢献するものである。

なお、日本国内を主とした水銀マテリアルフローについては、なおも数値情報が不足する部分があることから、今後、更に精緻化を予定している。

2. 日本における水銀の供給によるリスクを削減するための措置（対処オプション）に関する情報

（1）需給状況

① 国内における鉱出、リサイクル・回収の状況

日本では1974年に北海道の鉱山が閉山したのを最後に、水銀の鉱出は行われていない。

現在は電池、照明器具、計器、無機薬品、医療機器、汚泥、建設機材、吸着材など製品・廃棄物等から約15t/年、精錬副産物等から約75t/年の金属水銀が回収され、出荷されている。

② 国内需要

我が国の用途別水銀需要量を表1に示す。我が国では、水銀は電池、電球、歯科用アマルガム、水銀体温計、水銀血圧計、無機薬品としての需要があり、需要量は5ヶ年平均で約14tである。

表1 我が国の用途別水銀需要量

(単位：kg)

分類	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	5ヶ年平均
電池 ¹⁾	2,500	2,030	1,810	1,910	1,830	2,016
電球（蛍光管・HIDランプ） ²⁾	5,062	4,498	4,551	4,656	4,722	4,698
歯科用アマルガム ³⁾	549	328	219	220	150	293
水銀体温計 ⁴⁾	825	543	1069	792	587	763
水銀柱血圧計 ⁴⁾	7,611	4,425	3,986	3,664	1,890	4,315
無機薬品 ⁵⁾	1,900	2,900	1,700	1,600	1,600	1,940
苛性ソーダ製造	0	0	0	0	0	0
農薬	0	0	0	0	0	0
塩化ビニルモノマー製造	0	0	0	0	0	0
総計	18,447	14,724	13,335	12,842	10,779	14,025

出典 1)：電池工業会資料 2)：日本電球工業会資料 3)：薬事工業生産動態統計年報（厚生労働省）

4)：薬事工業生産動態統計年報（厚生労働省）の生産個数データにヒアリングによる水銀含有量を乗じて概算、5)：日本無機薬品協会資料、メーカーヒアリング

③ 輸出入状況

我が国の水銀（金属水銀）の過去6年間の輸出入量を表2に示す。輸出量は6～249 t/年、輸入量は3～11 t/年であり、特に輸出量は年変動が大きい。

表2 我が国の水銀輸出入量

(単位：kg)

	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	5ヶ年平均 (2001-2005)
輸出量	16,502	5,773	125,872	53,825	107,031	248,935	61,801
輸入量	11,045	6,902	5,459	3,454	3,453	3,453	6,063

出典：日本貿易統計年表

2001年以降の各年における我が国からの輸出量の多い国上位3カ国を表3に示す。オランダ、イラン、インドへの輸出が特に多い。

表3 国別の水銀輸出量

(単位：kg)

	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年
1位国	オランダ 11,040	イラン 2,100	オランダ 102,330	オランダ 34,770	オランダ 86,250	イラン 81,420
2位国	イラン 3,759	インドネシア 1,595	インド 17,250	インド 17,250	インド 8,625	香港 56,925
3位国	インドネシア 968	ベトナム 800	エジプト 1,950	ベトナム 975	韓国 3,622	インド 34,500

出典：日本貿易統計年表

④ 原料・燃料に含まれて輸入される水銀量（概算）

我が国に輸入される原料・燃料について、輸入量に水銀含有量（文献値）を乗じて、我が国に入ってくる総量を計算した。原料・燃料に含まれて輸入される水銀量は、約15t/年と推計される。

表4 原料・燃料に含まれて輸入される水銀量

(単位：kg)

分類	水銀含有量 (mg/kg)	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	5ヶ年平均
鉄鉱石	0.0167 ¹⁾	2,109	2,159	2,206	2,286	2,209	2,194
石炭	0.0454 ²⁾	7,220	7,345	7,747	8,334	8,359	7,801
原油	0.026 ³⁾	5,411	5,189	5,480	5,389	5,469	5,388
総計		14,740	14,694	15,433	16,009	16,037	15,382

出典

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

また、このほか、天然ガス及びナフサ等に不純物として含有され、日本国内に輸入される水銀もあるが、その量はごくわずかである。

⑤ 製品に含まれて輸出される水銀量（概算）

電池（酸化銀電池）、電球（蛍光ランプ、HID ランプ）、水銀柱血圧計、水銀体温計について、

製品に含まれて輸出される水銀量を統計値などにより概算した。製品に含まれて輸出される水銀量は、約 2t/年と推計される。

表5 製品に含まれて輸出される水銀量

(単位：kg)

分類	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	5ヶ年平均
電池（酸化銀電池） ¹⁾	707	478	420	500	539	529
蛍光管・HID ランプ ²⁾	491	396	344	467	492	438
水銀体温計 ³⁾	85	82	151	67	43	85
水銀柱血圧計 ³⁾	1,489	1,374	1,520	1,182	859	1,285
総計	2,772	2,330	2,435	2,215	1,932	2,337

出典 1)：電池工業会資料 2)：日本電球工業会資料 3)：薬事工業生産動態統計年報（厚生労働省）
の生産個数データにヒアリングによる水銀含有量を乗じて概算、

⑥ 製品に含まれて輸入される水銀量（概算）

電球（蛍光ランプ、HID ランプ）、水銀柱血圧計、水銀体温計について、輸入される製品が、国内生産されたものと同程度の水銀含有量であると仮定して、製品に含まれ輸入される水銀量を概算した。製品に含まれ輸入される水銀量は、約 0.9t/年と推計される。

なお、このほか、ボタン電池などに含まれて輸入される水銀がある。

表6 製品に含まれ輸入される水銀量

(単位：kg)

分類	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	5ヶ年平均
電池（酸化銀電池） ¹⁾	-	-	-	-	-	-
蛍光管・HID ランプ ²⁾	268	291	297	338	380	322
水銀体温計 ³⁾	58	57	50	75	40	56
水銀柱血圧計 ³⁾	505	524	498	610	473	522
総計	831	872	844	1022	894	900

出典 1)：電池工業会資料 2)：日本電球工業会資料 3)：薬事工業生産動態統計年報（厚生労働省）
の生産個数データにヒアリングによる水銀含有量を乗じて概算、

(2) 日本が講じてきた対処方策

①電池材料

一次電池への水銀使用として、従来、特に多く使用されていたのが、マンガン乾電池とアルカリ乾電池であるが、封口構造の改善により外気の進入を防いだり、不純物をなくしたりする精製

方法の採用や、水銀に代わる反応抑制剤の導入により、国内では、1990年代の初頭に使用されなくなりました。

また、水銀電池は補聴器用として多く使われていたが、国内各社は、より水銀量の少ない空気亜鉛電池に切り換えるよう奨励し、1996年頃を最後に製造が中止された。

現在、水銀が使われているのは、アルカリボタン電池、酸化銀電池、空気亜鉛電池の3種類である。この中で、酸化銀電池については、腐食抑制剤や水素を吸着する物質の使用により、水銀を含まない製品が開発されており、脱水銀化が進んでいる。

②電球

蛍光灯1本あたりに含まれる水銀量は1974年頃には50mgであったが、2005年については7.5mgと低減している。低減対策としては、「封入技術の進歩（直接投入から、ペレットによる封入）」や、「高効率、低水銀の3波長型蛍光管の普及」などが挙げられる。

大型液晶テレビやノート型PCの生産量が増えるに伴い、バックライトの生産本数が大幅に増えている。また、バックライトについては、水銀を使わないLEDバックライトの採用も始まっている。

③医療機器（歯科用アマルガム、体温計、血圧計）

歯科用アマルガムについては、1970年において約5200kgのアマルガムが生産されていた。しかし、劣化や腐食に伴う摂取や、物を噛んだ際の摩擦熱による蒸気吸入などが懸念され、金銀パラジウム合金やセラミック、コンポジットレジンなどの代替技術が用いられることにより使用量は減っている。

水銀体温計、水銀柱血圧計については、現在も生産されているものの、電子式が主力になっており、国内生産量は減っている。

2005年の水銀体温計の水銀使用量は、約500kg程度（うち43kg程度が輸出）、水銀柱血圧計の水銀使用量は約2,000kg程度（うち859kg程度が輸出）であると概算される。また、水銀血圧計への使用を目的として、ここ数年、年間3,450kgの水銀が輸入されており、このほか輸入される水銀体温計と水銀柱血圧計に含まれて、それぞれ40kg、473kg程度の水銀がわが国に持ち込まれている。

なお、不要になった水銀血圧計は、販売メーカーが回収し、適切に処分されている。

④無機薬品

朱肉、朱墨などの赤色顔料として古来より使われているHgS（銀朱）は、国内で、年間約2000kg（約80%銀朱）が生産されている。また、HgCl₂（昇汞）、HgO（酸化第二水銀）については、2005年の需要量は0である。

1950年、1964年に水銀化合物および水銀は毒物として指定され、これらの製造、輸入、販売、取扱いは規制されている。

⑤水銀リレースイッチ

水銀リレーを生産している大手メーカーへのヒアリングによると、リレー1個に含まれる水銀

量は、約 20mg である。メーカーのリレー製造数は 2006 年について 39,000 個であった。水銀スイッチについては、海外では主に自動車内部の電気系統において使われていたが、国内で製造される自動車には従来から水銀スイッチは使用されていない。

⑥苛性ソーダ

我が国では 1970 年初頭には、ほとんどの苛性ソーダ工場で水銀法による製造が行われ、大量の水銀を消費していた。しかし、水銀問題の高まりにより、1986 年 6 月までに、全ての苛性ソーダ工場で、水銀法は用いられなくなり、主にイオン交換膜法により苛性ソーダが製造されている。

⑦農薬

種子消毒剤（種もみ用消毒剤）や土壌殺菌剤として、酢酸フェニル水銀や塩化メトキシエチル水銀、ヨウ化フェニル水銀などが使用されていた。特に 1953 年に開発された、酢酸フェニル水銀を主成分とする「セレサン石灰」（消石灰の粉末に酢酸フェニル水銀を 5%混合したもの）は、米のいもち病に効果を発揮し、多くの水田で使用された。しかし、その後毒性や残留性が問題となり、1971 年 5 月 30 日に昇汞剤（塩化水銀（Ⅱ））をはじめとする無機水銀系農薬が農薬登録を失効し、1973 年 10 月 25 日にはセレサン石灰をはじめとする有機水銀系農薬が農薬登録を失効し、全ての水銀系農薬の使用が禁止された。

⑧その他の家庭用品

有機水銀化合物は、過去、家庭用品の殺菌やカビ防止のために使用されていた。繊維製品、接着剤、塗料等の家庭用品に関して、1975 年 1 月 1 日に法定基準が制定されてから、有機水銀化合物はこれらの家庭用品には使用できない。

⑨塩化ビニルモノマー

我が国では、従来カーバイド・アセチレン法により塩化ビニルモノマーを製造しており、アセチレンに塩化水素を添加する際に水銀触媒(HgCl_2)を用いていたが、コスト上昇などで、1960 年代に EDC 法、オキシクロリネーション法へと転換され、現在水銀触媒は使用されていない。

我が国における水銀の国内需要量の推移(1956～2005 年)を図 1 に示す。国内需要量は 1964 年ピークとなり約 2,500t が使用されていたが、その後、使用量の削減や他の安全な物質への代替などの技術導入が図られ、2005 年の需要量は約 10 t となっている。

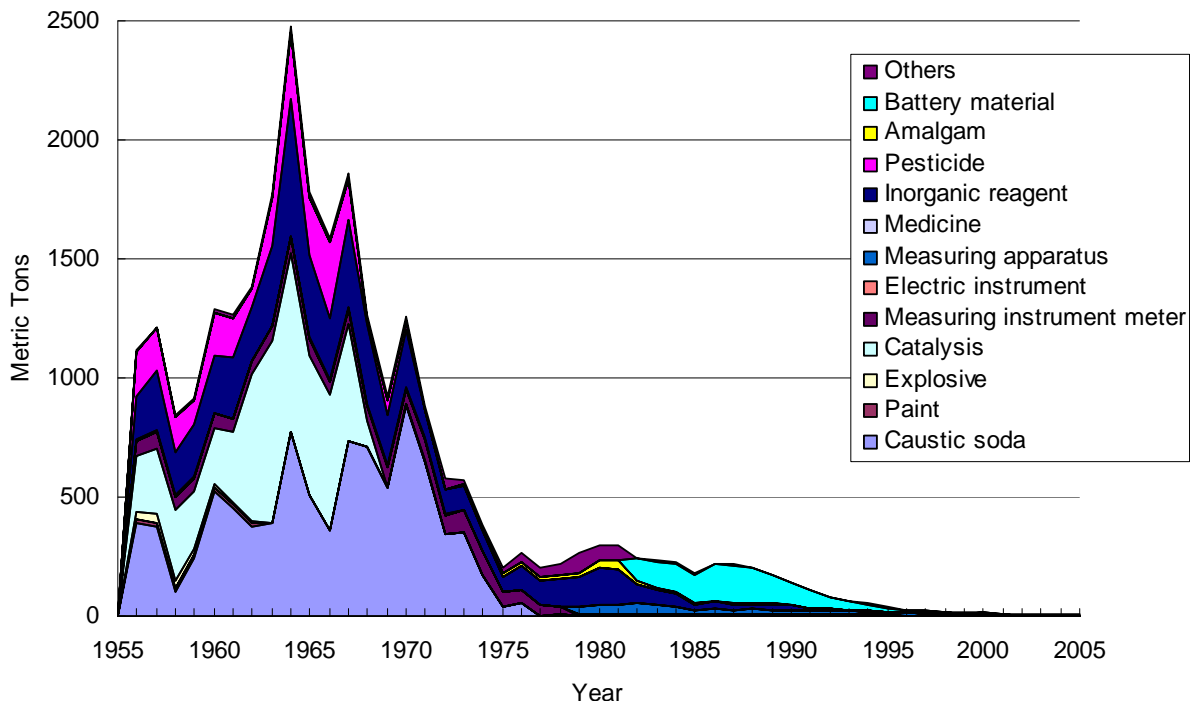


図1 我が国の用途別水銀需要量の推移

出典：非鉄金属等需給統計年報、資源統計年報（通商産業大臣官房調査統計部）より作成

3. 排出量の状況とその要因

(1) 日本における水銀の環境への排出状況

PRTR（化学物質排出移動量届出制度）により公表された、大気、公共用水域及び土壌への水銀排出量は、表7（届出による排出量）、表8（石炭火力発電所からの推計排出量）に示す。

大気への排出については、PRTR導入初年度である2001年度以外は毎年100kg以下であり、また、公共用水域への排出は過去5年間の平均で年間約340kgと集計されている。土壌への排出は報告されていない。なお、埋立てについては、大規模事業の実施の有無によって、年変動が大きい。

表7 PRTRによる水銀の排出量 (単位：kg/y)

		2001 年度	2002 年度	2003 年度	2004 年度	2005 年度	5ヶ年 平均
排出量	大気	325	98	14	21	32	98
	公共用水域	322	302	344	414	298	336
	土壌	0	0	0	0	0	0
	埋立て	4,012	3,838	14,042	2,472	1,442	5,161
合計		4,642	4,283	14,400	2,906	1,772	5,601

出典：環境省 PRTR 結果

石炭火力発電所からの排出量については、石炭中の石炭含有率と使用量から排出量を推計している。大気への排出は過去5年間の平均で年間約 880kg、公共用水域への排出は過去5年間の平均で年間約 4 kg と推計されている。

表 8 石炭火力発電所からの排出量 単位：kg/y

項目		2001 年度	2002 年度	2003 年度	2004 年度	2005 年度	5ヶ年 平均
石炭火力発電所から の排ガス及び排水に よる排出（製品の使用 に伴う低含有率物質）	大気	766.7	814.2	890.0	934.6	981.6	877.4
	公共用水域	3.5	3.7	4.0	4.2	4.4	4.0
	合計	770.2	817.9	894.0	938.8	986.0	881.4

出典：環境省 PRTR 結果

（2）日本における水銀の排出インベントリー

PRTRで届出対象外の事業所等からの排出量も考慮して、貴田ら(2007)の研究報告書¹⁾および関係業界の提供データに基づき、日本全体（2002年）の水銀大気排出量は24～28tと推定している。排出インベントリーを表9に示す。燃焼部門では石炭火力発電、産業用石油燃焼ボイラー、医療廃棄物、下水汚泥、その他の産業廃棄物焼却の寄与が大きく、また、製造部門では製鉄、非鉄金属精錬、セメント製造の割合が高いと考えられる。一人当たりの排出量では0.190～0.225g/人/年である。なお、排出実態については、主な関係業界において検討が行われているところである。

¹⁾ 貴田晶子、平井康宏、酒井伸一、守富寛、高岡昌輝、安田憲二：循環廃棄過程を含めた水銀の排出インベントリーと排出削減に関する研究、平成18年度廃棄物処理等科学研究費補助金 研究成果報告書

表9 日本の水銀排出インベントリー (t/年)

部門	項目	大気への排出量	
燃焼部門	石炭燃焼	火力発電	1.081
		産業用ボイラー	0.33
	石油燃焼	火力発電	0.307
		産業用ボイラー	1.19
	一般廃棄物燃焼		0.107-0.247
	医療廃棄物燃焼		0.73-1.64
	下水汚泥焼却・溶融		0.253-1.46
	産業廃棄物燃焼	廃プラスチック類	0.016-0.537
		紙くず	0.013
		木くず	0.020-0.178
		繊維くず	0.0033-0.010
		ゴムくず	1.43×10^{-5} - 1.3×10^{-3}
		その他汚泥	0.521
		シュレッダーダスト	0.049-0.793
製造部門	鉄鋼・製鉄		2.18
		非鉄金属	
		亜鉛一次	2.97
		亜鉛二次	0.00401
		鉛一次	0.00555-0.496
		鉛二次	0.0149
		銅一次	0.0627
		銅二次	0.00886
		金	—
		ニッケル一次	0.00356
		ニッケル二次	0.00317
		セメント製造	9.02^{*1}
		石灰石製造	1.06
		カーボンブラック製造	0.113
		コーク製造	0.773
		パルプ・製紙	0.423-0.648
		塩素アルカリ工業	0
		バッテリー製造	0.00087
		電気スイッチ製造	0.00433
		蛍光灯製造	0.026
		その他の製造業	—
	その他	火葬	0.057
		蛍光灯回収・破碎	8.13×10^{-7} - 1.02×10^{-6}
歯科(アマルガム)		0.0077	
埋立地ガス		—	
運輸(燃料由来)		0.797	
自然由来	火山	>1.4	
	山火事	—	
二次的な放出	農業	—	
他地域からの流入		—	
計		23.555-27.958	

出展：

貴田晶子、平井康宏、酒井伸一、守富寛、高岡昌輝、安田憲二：循環廃棄過程を含めた水銀の排出インベントリーと排出削減に関する研究、平成18年度廃棄物処理等科学研究費補助金 研究成果報告書

*1) 日本セメント協会 2006年データに基づく

(3) マテリアルフロー (図)

マテリアルフローを図2に示す。なお、本マテリアルフローについては、なおも数値情報が不足する部分があることから、今後、更に精緻化を予定している。

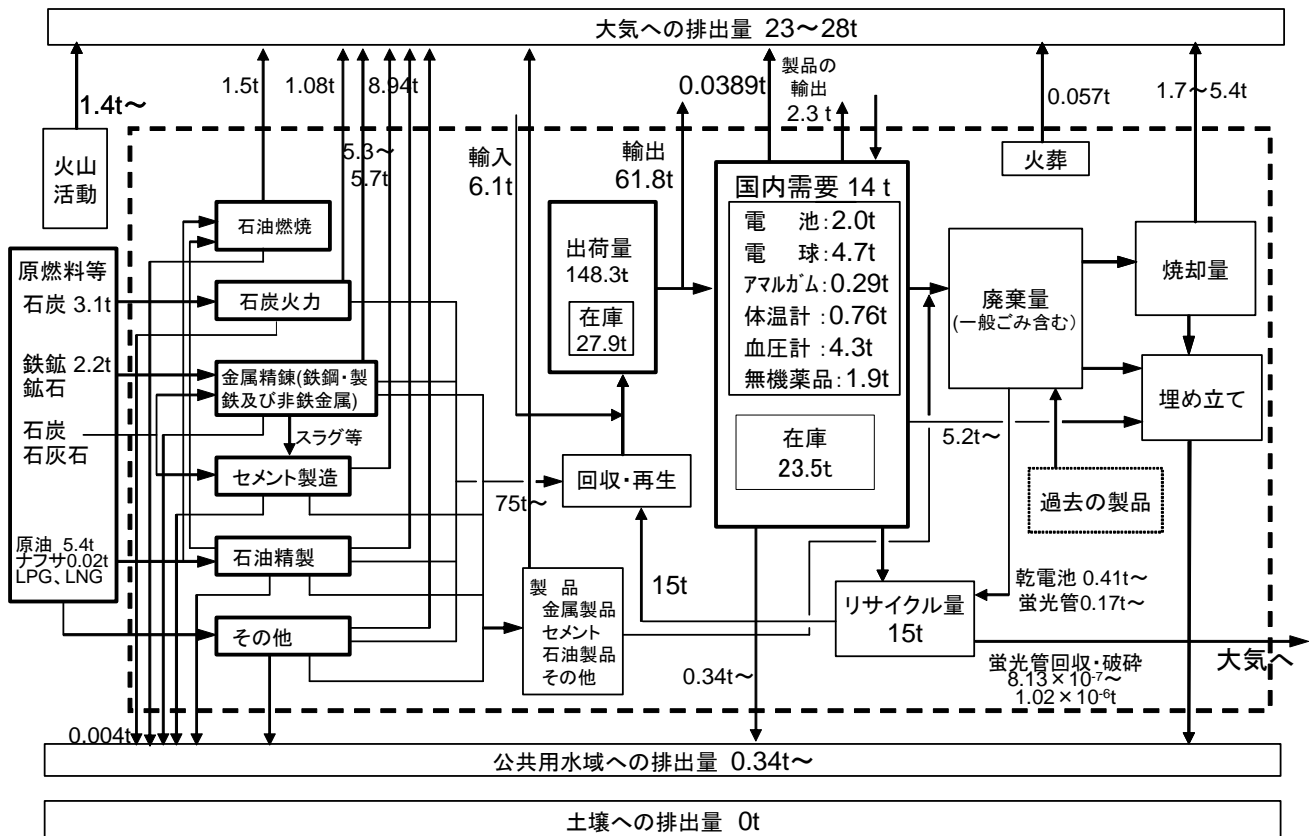


図2 我が国の水銀に関するマテリアルフロー

出典

排出:

- 1) 貴田晶子、平井康宏、酒井伸一、守富寛、高岡昌輝、安田憲二：循環廃棄過程を含めた水銀の排出インベントリと排出削減に関する研究、平成18年度廃棄物処理等科学研究費補助金 研究成果報告書
- 2) 日本セメント協会
- 3) 環境省 PRTR 結果

原料・燃料:

- 4) 財務省貿易統計
- 5) Weiss et al: Ermittlung und Verminderung der Emissionen von Dioxinen und Furanen aus Thermischen Prozessen. Forschungsbericht 104 03 365/17. Umweltsbundesamt (UBA) (1996)
- 6) 伊藤茂男、横山隆壽、朝倉一雄、石炭火力発電所の微量物質排出実態調査、電力中央研究所報 (2002)
- 7) 藤井正美 気圏における水銀、日本公衆衛生雑誌 23(9) (1976)
- 内藤季和、飯豊修司 固定発生源から排出される金属の環境への寄与(I)- 市原・袖ヶ浦地域について 千葉県公害研究所研究報告 (1980)

生産、輸送、貯蔵:

- 8) 非鉄金属等需給動態統計 (経済産業省資源エネルギー庁)
- 9) 薬事工業生産動態統計年報 (厚生労働省)
- 10) 電池工業会
- 11) 日本電球工業会
- 12) 日本医療機器産業連合会
- 13) 日本無機薬品協会
- 14) 日本歯科商工協会

4. 排出削減の手法と我が国における削減ポテンシャル（事例紹介）

（1）排ガス処理のタイプと低減量の試算

貴田ら¹⁾は、一般廃棄物焼却における排ガス処理装置の排出低減効率（除去率）について既往の研究報告を調査し、統計分析により水銀の除去率を試算している。ここで、単式の排ガス処理装置として、ウェットスクラバー（WS）、電気集塵器（ESP）、バグフィルタ（FF）、

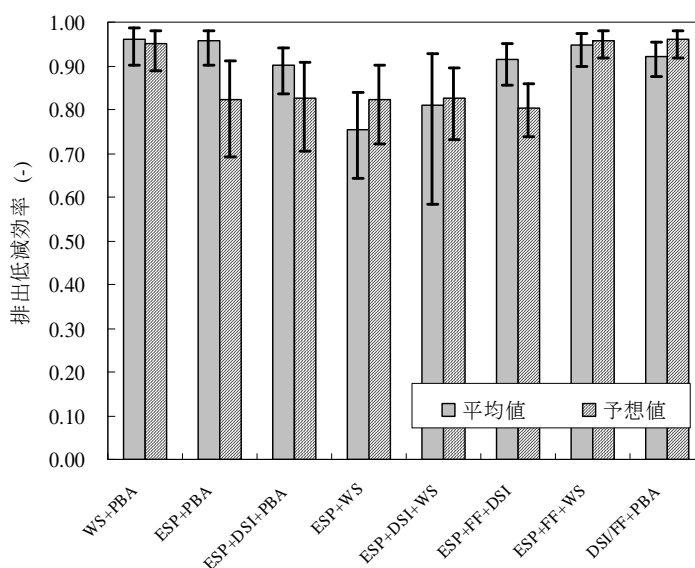


図3 複合型排ガス処理装置での水銀低減効率とその予想値

吸着塔（PBA）を挙げ、電気集塵器やバグフィルタにおいて中和剤を噴霧している場合（DSI）を分類した。複式排ガス処理装置の水銀低減効率を図3に示す。中和剤噴霧時のESP、FF及びWSの平均除去率はそれぞれ22%、75%、78%と試算された。これらを組み合わせた複式処理装置では除去率が75～96%に達すると推定している。

（2）各種事業別の削減手法と削減ポテンシャル

①一般廃棄物及び産業廃棄物焼却処理

貴田ら¹⁾は、一般廃棄物及び産業廃棄物焼却処理で利用されている排ガス処理装置を調査し、全国平均（焼却能力による加重平均値）を求めた。2003年では、一般焼却施設での水銀低減効率は約92.5%、産廃焼却施設では約51%と報告している。

図4は1991年からの一般廃棄物焼却施設での排ガス処理による排出低減効率（全国平均値）を示しており、1991年の34.5%から2003年の92.5%と劇的な向上がなされていることが分かる。水銀排出量が減少した要因の一つは1992年の乾電

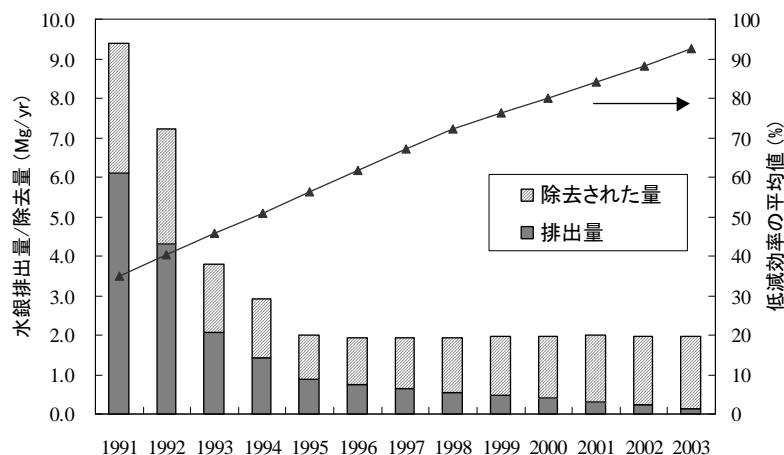


図4 一般廃棄物焼却施設での低減効率（全国平均値）と排出量の経年変化

1) 貴田晶子、平井康宏、酒井伸一、守富寛、高岡昌輝、安田憲二：循環廃棄過程を含めた水銀の排出インベントリーと排出削減に関する研究、平成18年度廃棄物処理等科学研究費補助金 研究成果報告書

池のゼロ水銀化による一般廃棄物中の水銀含有量の低下であると考えられる。もう一つの要因は 2001 年のダイオキシン類対策特別措置法による排ガス処理施設の更新により、活性炭噴霧バグフィルタへの転換が急速に進んだためであると考えられる。

②石炭火力、鉄鋼、セメント等

我が国の石炭火力発電所は、排煙処理設備として触媒脱硝装置、電気集塵器、湿式脱硫装置を備えるものが多く、世界的に最高水準の環境対策が行われている。伊藤ら²⁾は、石炭火力発電所（9 発電所の 14 ユニット）での実測調査から、排ガス処理装置による低減効率を約 72.9%と報告している。また、我が国にはSO_x規制があり、石炭火力発電では、低硫黄の高品質な石炭を輸入し使用している。天然原料中の水銀は硫黄と結合した状態で存在するといわれ、低硫黄の石炭はそのまま水銀含有量も少ない傾向にある。水銀含有量の低い石炭の使用と充実した酸性ガス除去装置のため、日本では水銀の大気への排出係数は比較的小さなものとなっている²⁾。

天然ガス中に有機水銀や無機水銀化合物の形で存在している場合は、プラントに対して無害とされているが、天然ガス中の水銀は元素で存在していることが多く、この場合、主熱交換器などに使用されている低温用アルミニウム合金材料を激しく腐食する。このため、前処理として水銀除去プロセスを設け、予備機も設置することが定着した。硫化水銀として固定して吸着する含浸活性炭吸着プロセスは、除去装置出口での水銀濃度を 0.1 ~ 0.01 μg/Nm³にまで押さえることが可能である³⁾。

天然原料中の水銀濃度は産地によって大きく異なっているため、排出量の削減には原料中の水銀濃度を適切に管理する必要がある。我が国では、産業活動に伴う環境中への水銀の排出量をより少なくするため、原料中の水銀の管理を含め、水銀の排出・移動量を適切に管理するための取り組みおよび検討が行われている。

²⁾ 伊藤茂雄、横山隆寿、朝倉一雄：石炭火力発電所の微量物質排出実態調査、電力中央研究所 調査報告書：WS02002 (2002)

³⁾ 石油天然ガス・金属鉱物資源機構資料

5. 水銀により汚染された場所に関する健康・環境影響、修復費用

有害物質による環境汚染は、健康被害や生活環境の破壊など重大な被害をもたらす。水俣病の場合、被害を受けた地域では、被害者への救済、地域再生の取組が行われている一方、今でも多くの者が公害健康被害の補償等に関する法律に基づく水俣病の認定申請をしたり、損害賠償請求訴訟を起こしたりするなど、水俣病問題は今なお取り組むべき重要な課題である。

水俣病の例から、我が国が得た教訓は、経済発展を優先し環境を軽視する活動は、健康被害など、後で修復するのが容易でない様々の甚大な損害をもたらすということである。経済的な観点においても、損害賠償にかかる多額の費用と時間は、公害を未然に防止できていたとした場合に要した対策費用と比較して、はるかに大きくなることは明白である。

表 10 水俣湾周辺地域の水俣病での損害額と汚染防止対策費用の比較

汚染防止対策費用*1	123,000,000 円/年
損害額	12,631,000,000 円/年
内訳: 健康被害*2	7,671,000,000 円/年
環境汚染被害*3	4,271,000,000 円/年
漁業損害*4	689,000,000 円/年

【備考】

- *1 汚染防止対策のために支出するちっそ株式会社の年平均支払額
- *2 補償協定等により患者に支払われる年平均保障額
- *3 水俣湾の浚渫に係わる年平均費用
- *4 漁業補償の元利を等償還で年割りにした支払額

出典：地球環境経済研究会編著：日本の公害経験、1991

6. おわりに

我が国では、水俣病など公害による悲惨な被害の経験が転機となって、環境保護対策が飛躍的に進んだが、この道程で多大な犠牲を払ってきた。我が国のこのような経験を生かして、他国においても、環境への配慮がいかに重要であるかを自覚し、悲惨な公害を経験することなしに、環境の汚染防止に努力することを願う。