

柳泉園組合水銀混入調査対策委員会（第5回）

会議次第

日 時：平成29年2月24日（金）午後1時30分～
場 所：柳泉園組合管理棟3階見学者説明室

- 1 開会
- 2 委員自己紹介
- 3 議事
 - （1）環境への影響について
 - （2）柳泉園組合水銀混入調査対策委員会 報告書（案）について
 - （3）その他
- 4 閉会

【 配布資料 】

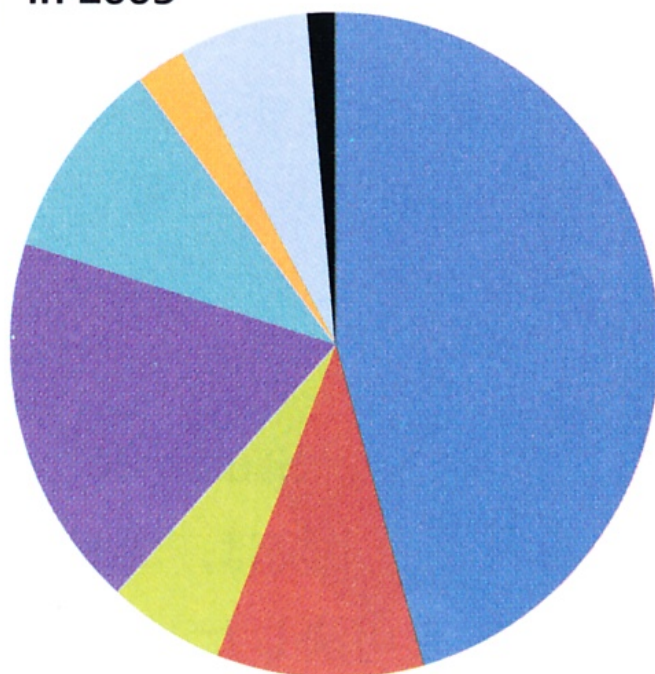
- 資料1：ごみ焼却施設からの水銀排出とその対策 安田 憲二
資料2：柳泉園組合水銀混入調査対策委員会 報告書（案）

ごみ焼却施設からの水銀排出とその対策

元国立環境研究所資源循環センター

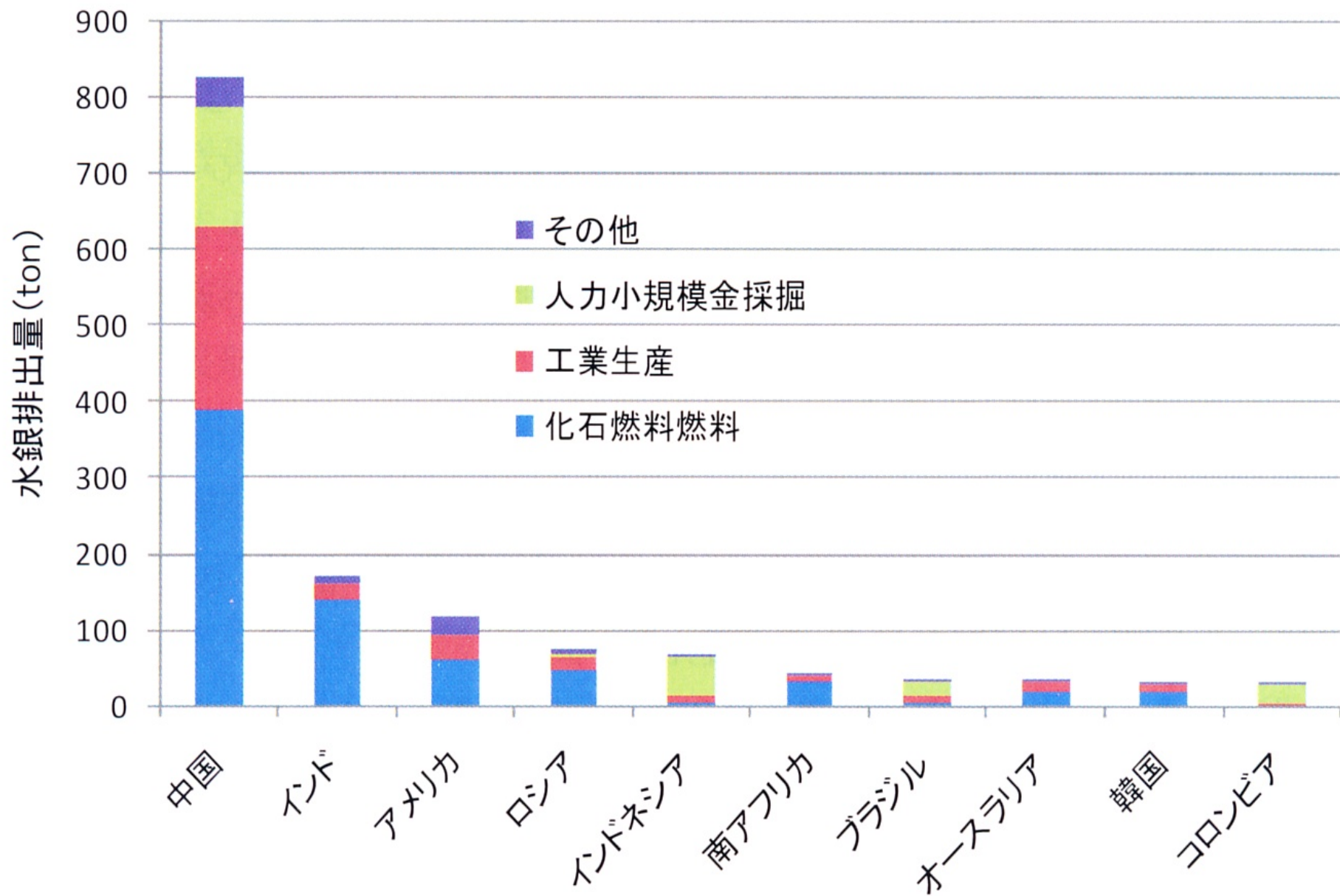
安田 憲二

1925.7ton/y in 2005



- 発電および熱供給のための化石燃料燃焼
- 金属生産(金生産を除く、非鉄および鉄)
- 大規模金生産
- 人力小規模金採掘
- セメント生産
- 塩素アルカリ工業
- 廃棄物焼却・その他廃棄物
- 歯科用アマルガム(火葬含む)

世界の水銀排出量(2005年)

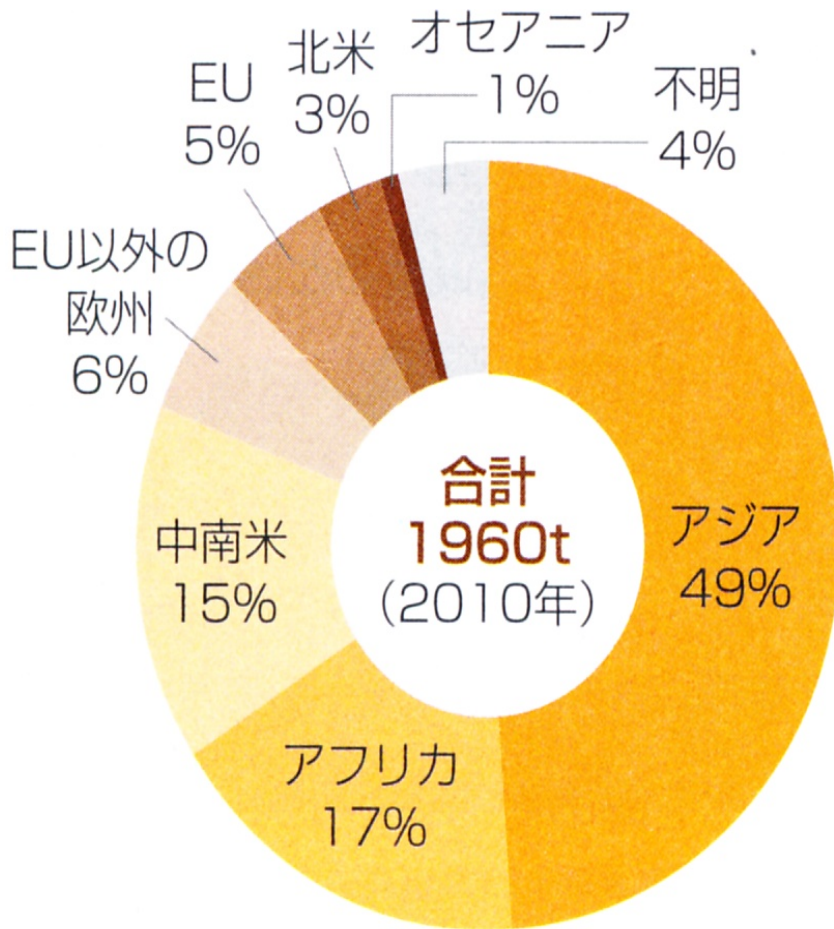


水銀排出量の多い上位10カ国の排出内訳

アジアが世界の約半分を占める

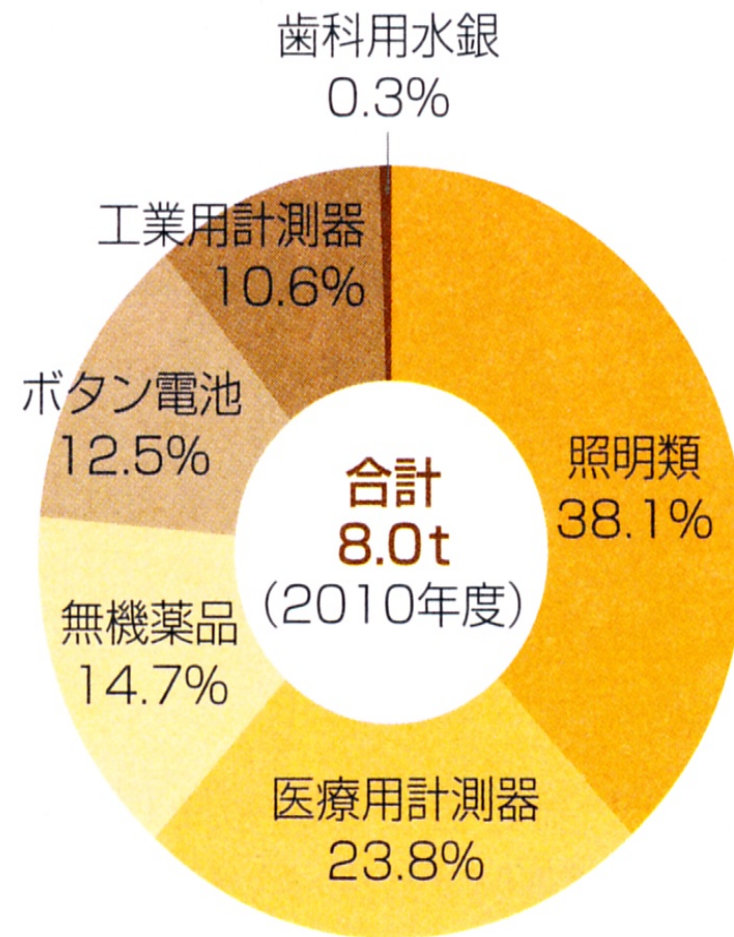
■ 世界の排出状況と国内の利用状況

● 水銀の地域別大気排出量

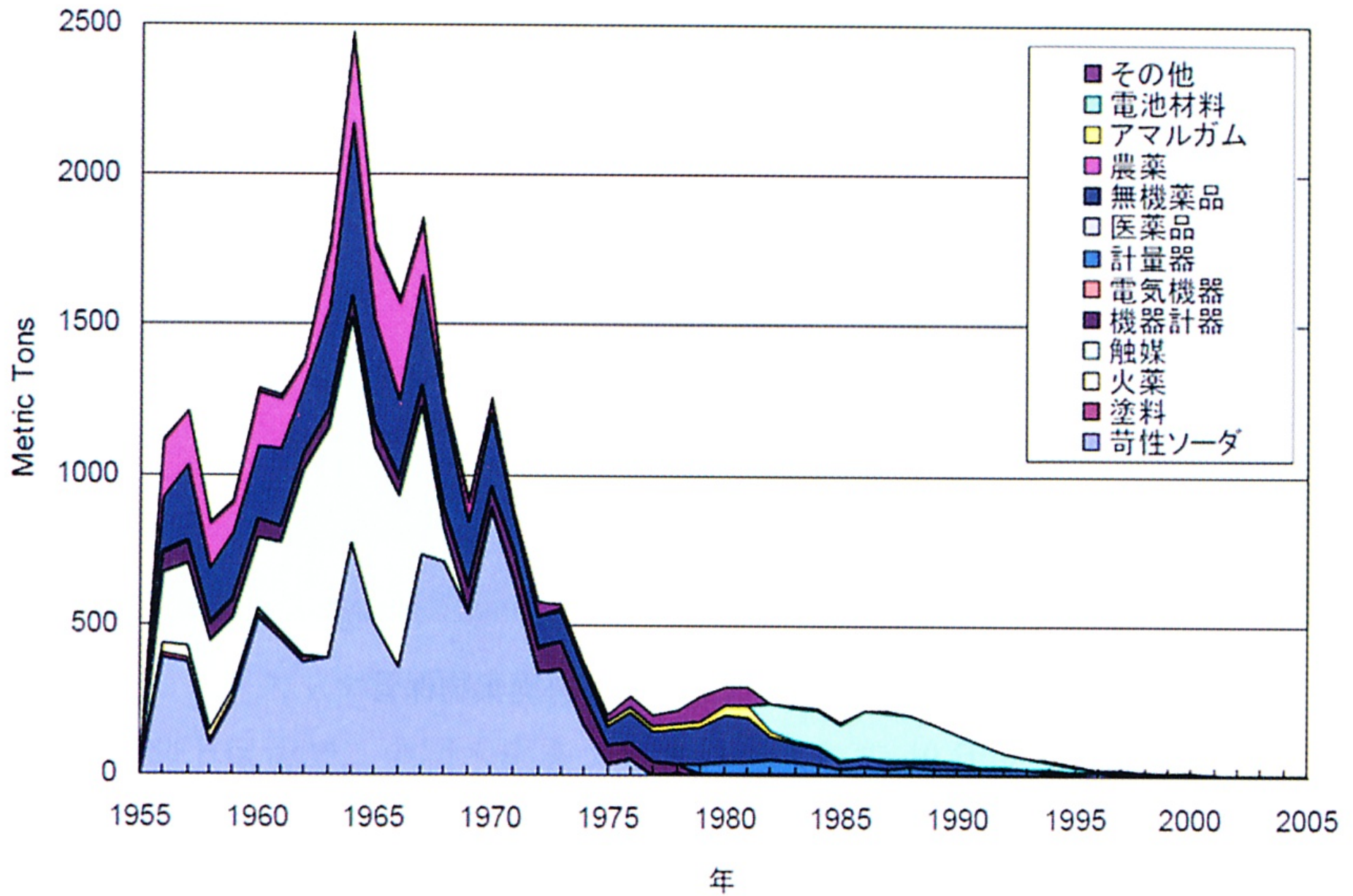


出所：UNEP (国連環境計画)

● 国内における水銀の用途



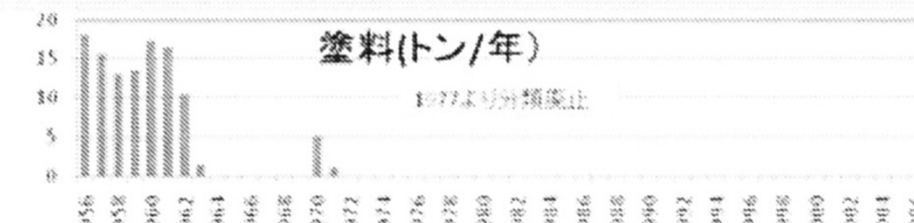
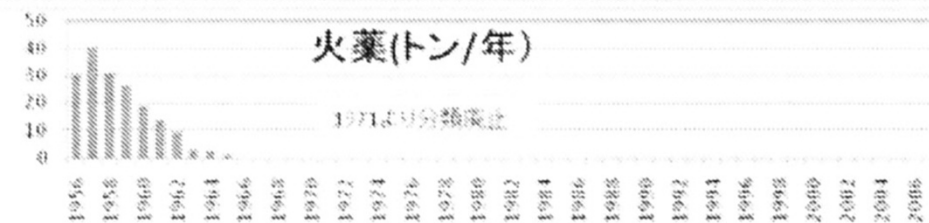
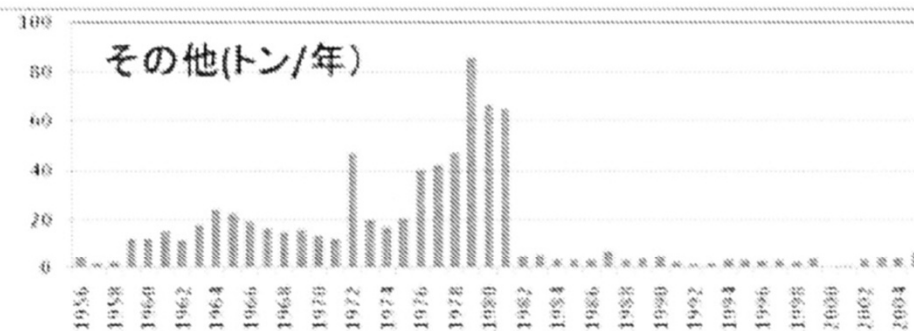
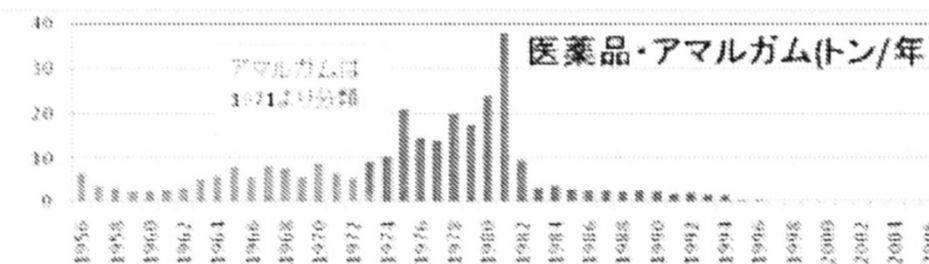
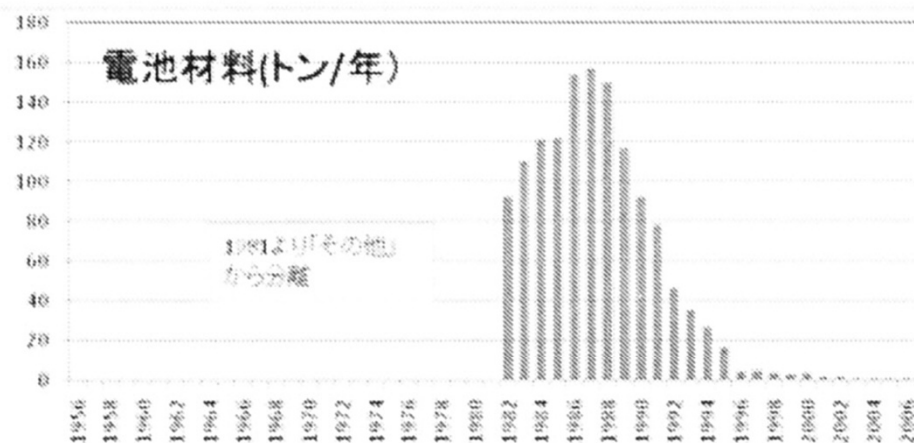
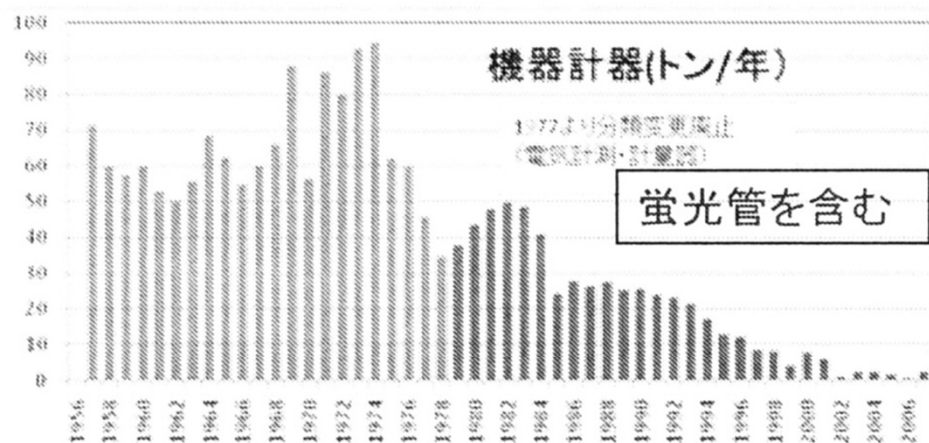
出所：環境省



日本における水銀需要推移

日本における水銀の用途

- 計測機器: 1970年代の60~90トンから減少し、2000年以降10トン以下
- 電池材料: 1970年代増加、1980年代は150トン、1990年代半ば以降激減

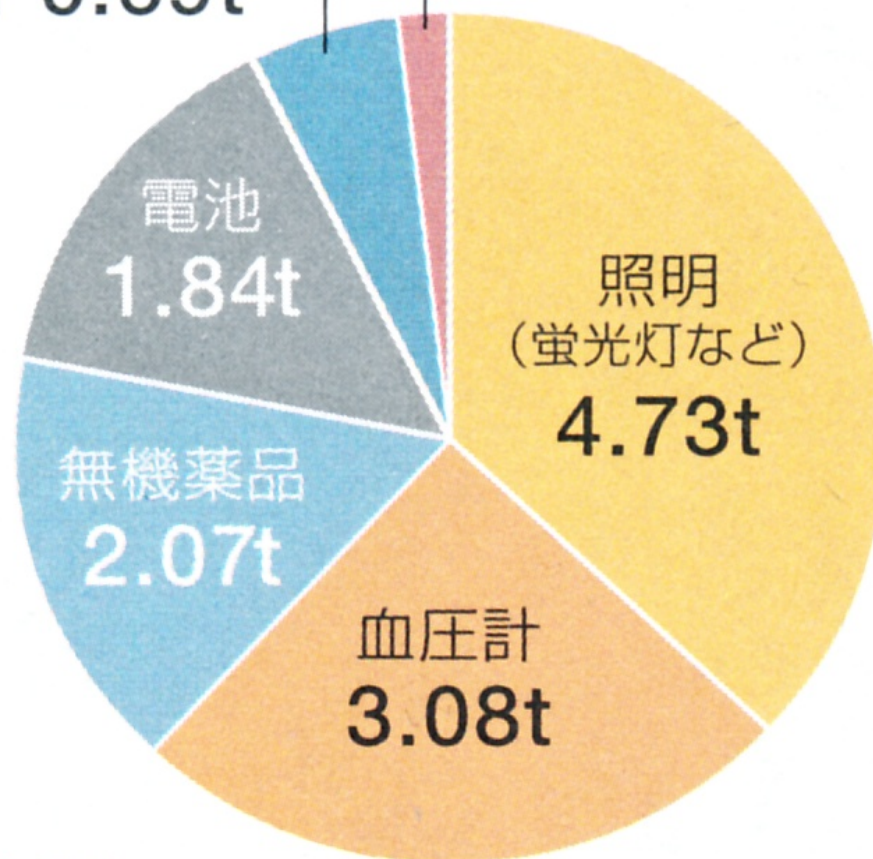


●国内の水銀需要量

(2002年～2006年の平均)

歯科用アマルガム **0.23t**

温度計 **0.69t**



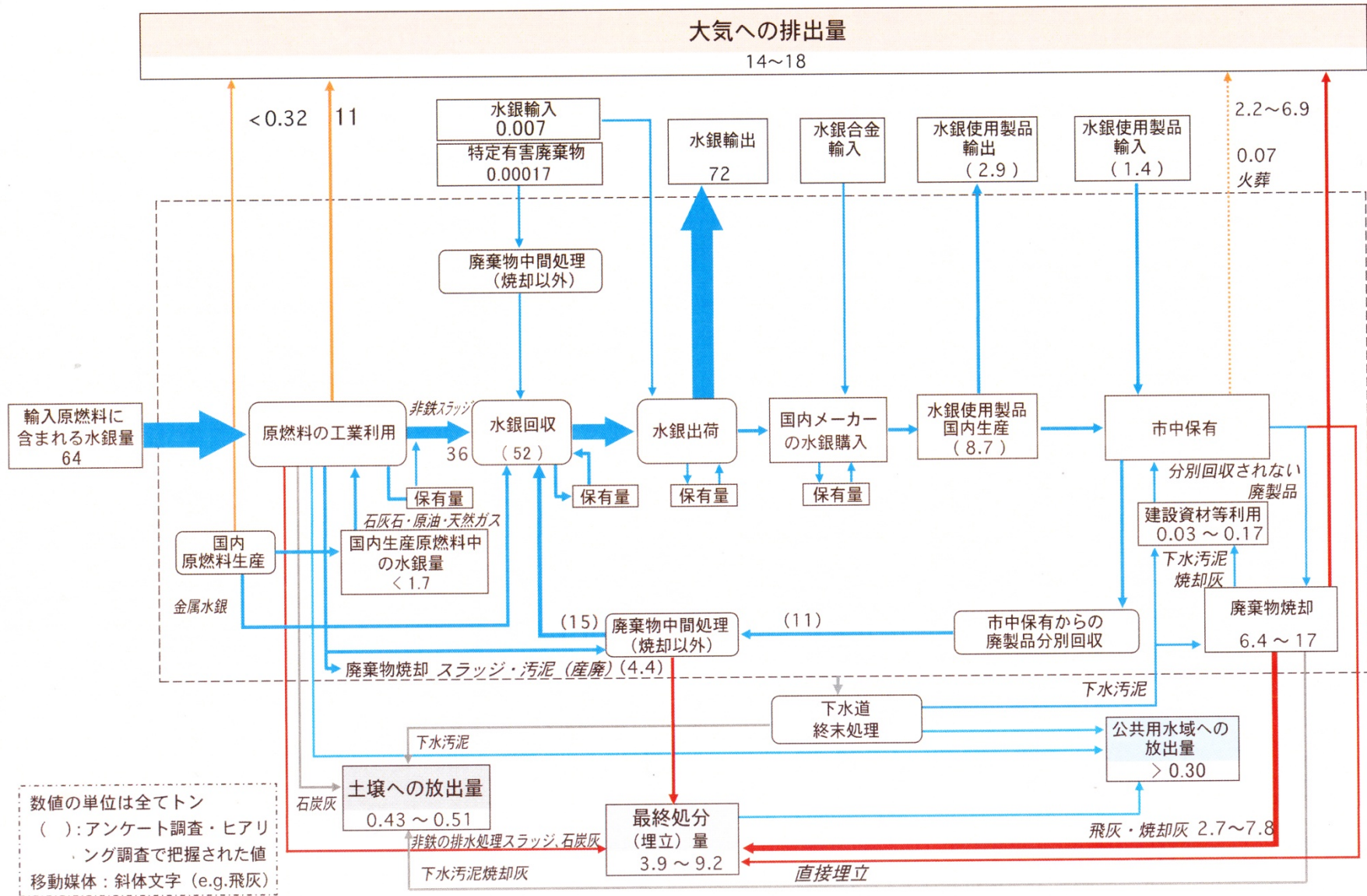
出所：環境省

「我が国における水銀の
マテリアルフロー調査結果」

我が国の水銀に関するマテリアルフロー（概要版）

（2010ベース、2013年3月作成、2013年7月版）

注）本マテリアルフローについては、現時点で入手可能な統計情報、文献、事業者等へのアンケート・ヒアリング調査等に基づき算出・推計した数値を用いて作成しており、全ての使用量、排出・移動量を網羅したものではない。

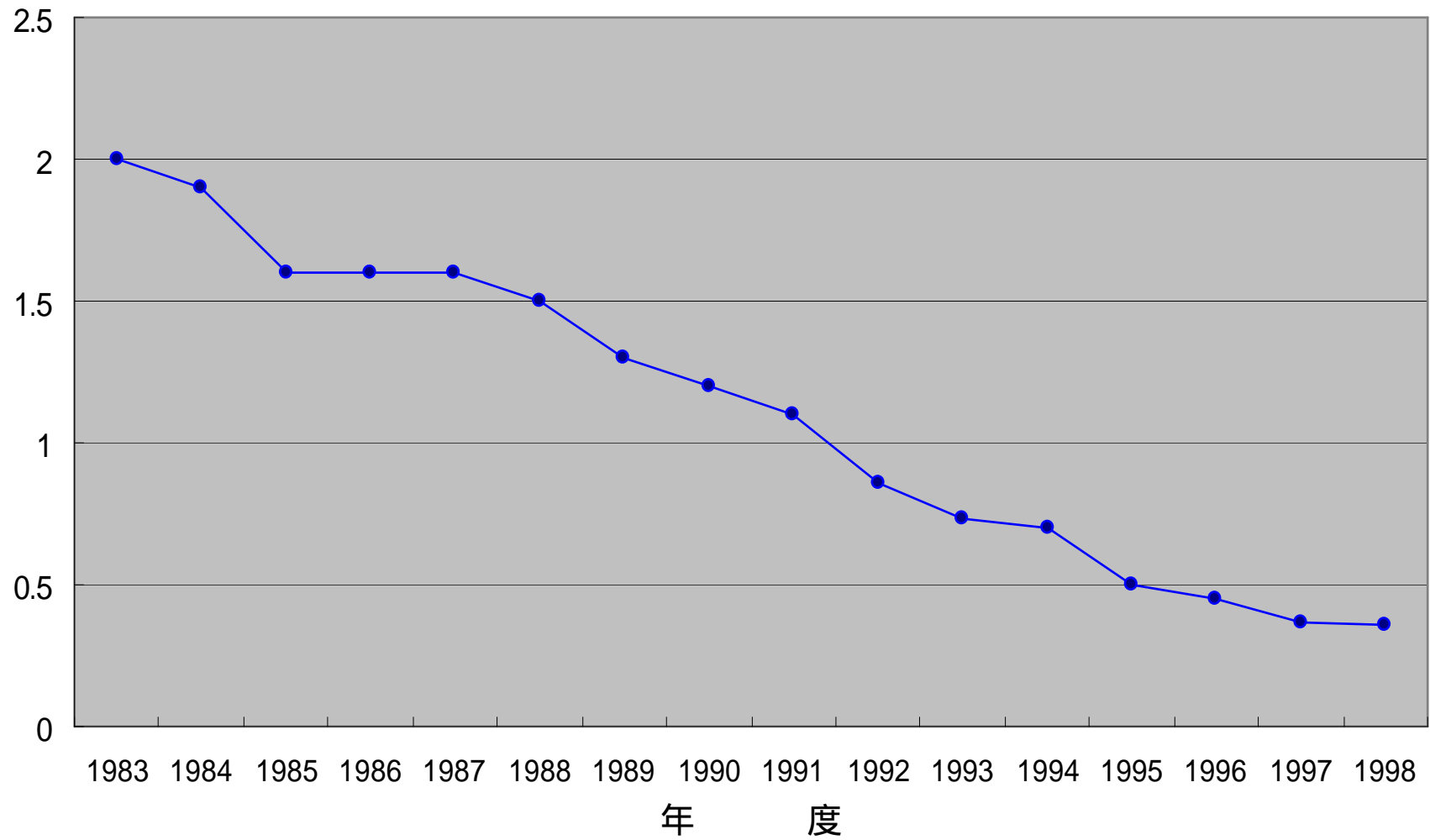


都市ごみ焼却炉からの水銀の排出

調査施設	No.1	No.2	No.3	No.4
焼却量 t/h	2.46	4.58	4.80	8.00
燃焼温度	850 ~ 970	850 ~ 990	850 ~ 980	750 ~ 900
O ₂ %	12.0	14.8	15.0	8.4
排出濃度 mg/m ³ _N	0.20	0.32	0.40	0.45
排出量 g/h	0.29	8.00	8.40	13.1
排出係数 g/t-都市ごみ	2.81	3.62	3.68	3.18

都市ごみ中の水銀含有量の経年変化

g/t-都市ごみ



都市ごみ焼却炉からの水銀排出濃度の変遷

- ~ 1990年 0.3 mg/m³_N 前後
- 1991年春 マンガン電池の水銀使用中止
- 1992年1月 アルカリ電池の水銀使用中止
- 1995年末 水銀電池の生産中止(国内)
- 1995年 0.1 mg/m³_N 前後
- 1995年以降 0.05 mg/m³_N 前後
- 2007年以降 0.02 mg/m³_N 前後

調査した都市ごみ焼却施設の概要

焼却炉の形式	全連続式流動床焼却炉
処理能力	300t/day(150t/day × 2炉)
試験対象炉	1号炉
焼却量(測定時)	5.7 ~ 6.7t/h
処理対象ごみ	可燃ごみ
排ガス処理設備	消石灰、活性炭吹込み バグフィルター、脱硝反応塔

焼却施設におけるHg連続モニタリング

実稼動施設における連続測定

排出係数の取得を念頭に、図1・2に示す日本インスツルメンツ社製の水銀連続測定装置(MS-1/DM-5、CVAAS方式)を用いて測定を行った、



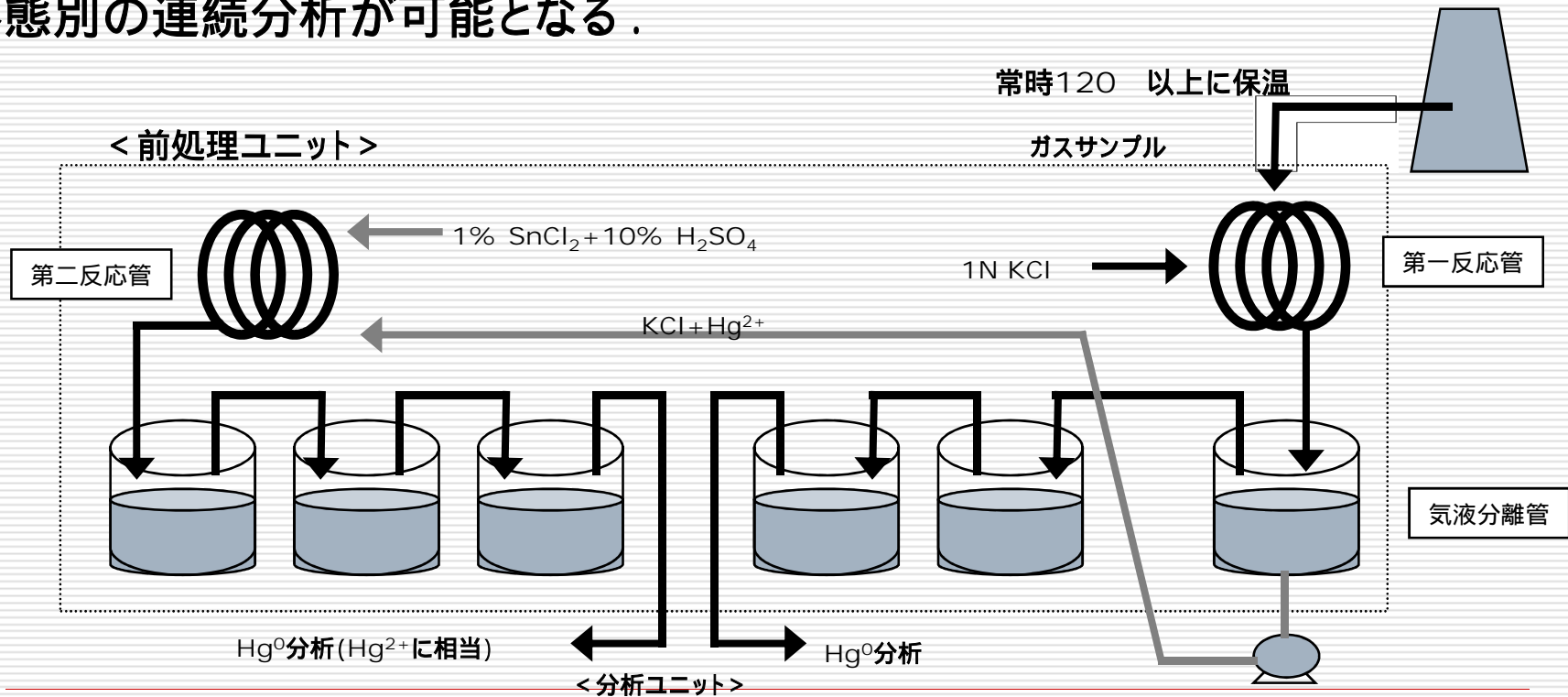
前処理ユニット



分析ユニット

測定原理

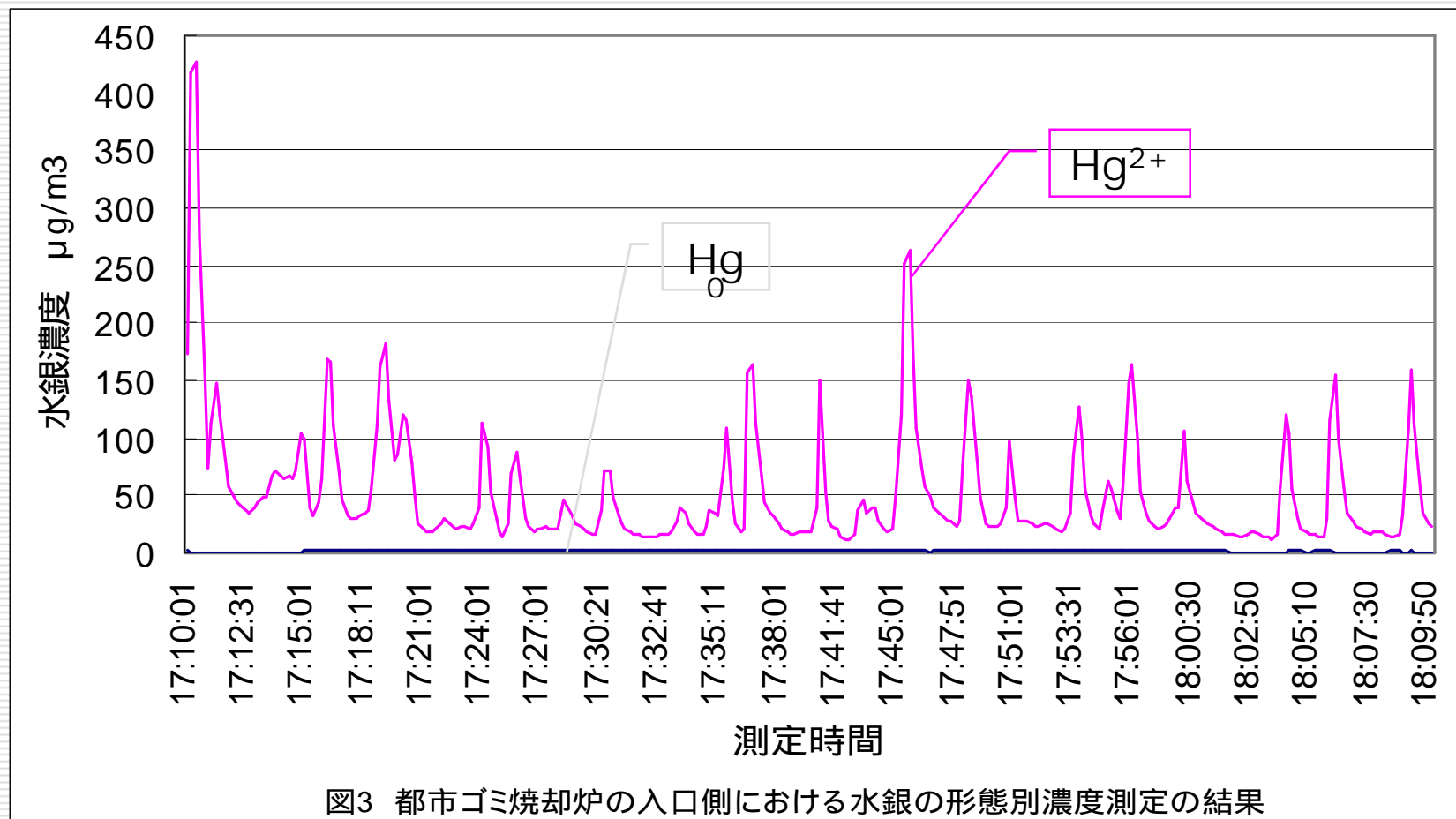
排ガス中のガス状水銀は、非水溶性の Hg^0 と水溶性の Hg^{2+} からなるため、サンプルガスを KCl 水溶液と接触させることにより Hg^{2+} を水溶液に吸収し、 Hg^0 を連続測定する。次いで、 Hg^{2+} を含む水溶液は還元剤を混合することにより、 Hg^{2+} を Hg^0 に還元・ガス化し Hg^0 の分析を行う。この値が、 Hg^{2+} に相当し化学形態別の連続分析が可能となる。



水銀連続分析手法の原理フロー

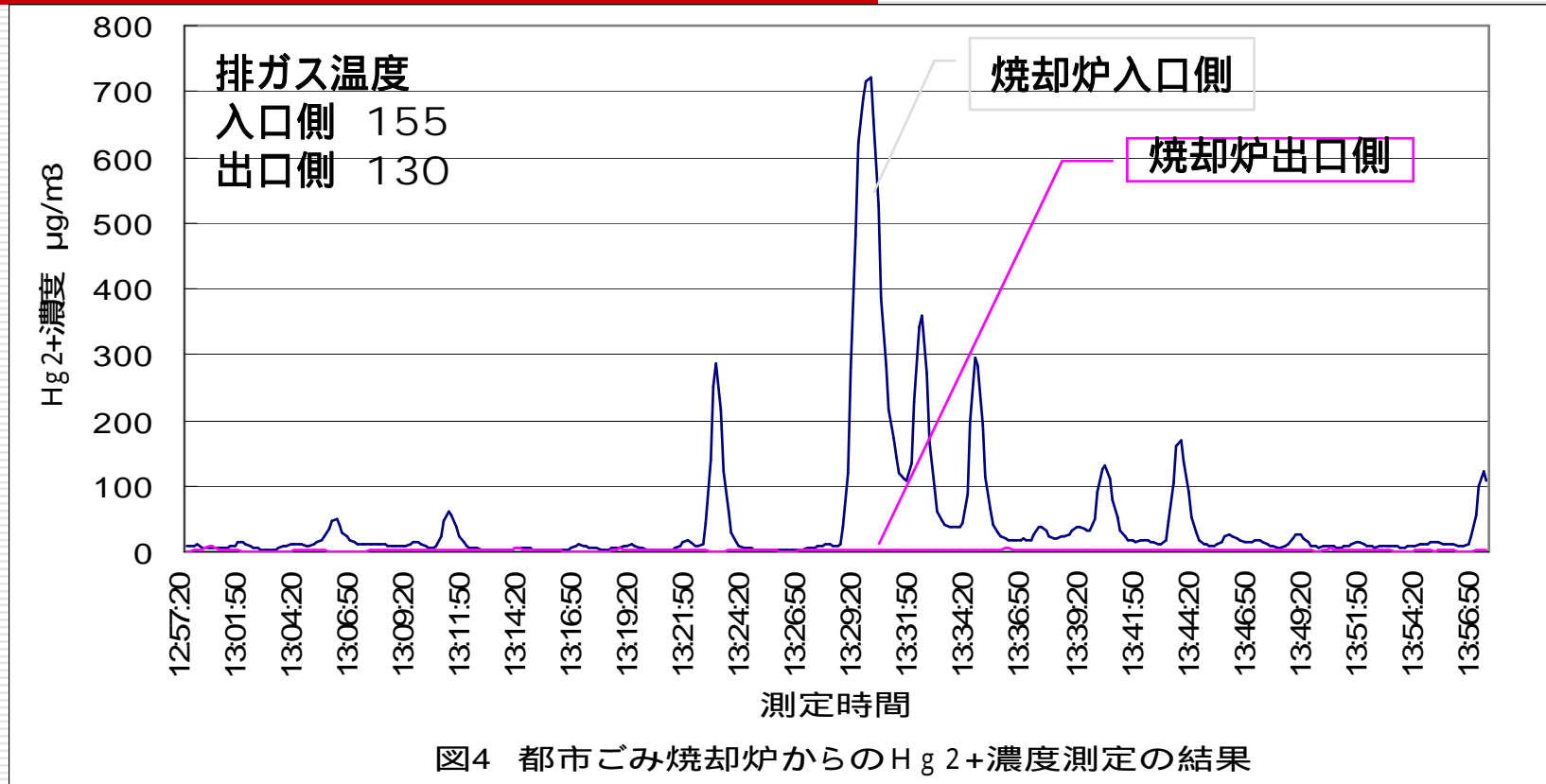
測定結果1

都市ごみ焼却炉の入口側における水銀の形態別濃度測定の結果を図1に示す。



測定結果 2

都市ごみ焼却炉におけるHg²⁺濃度測定の結果を図1に示す。



欧州における水銀排出規制の状況

国名 廃棄物の種類 既設or新設炉	ドイツ 全廃棄物 既設 + 新設	オランダ 有害/都市 既設 + 新設	オーストリア 有害/都市 新設炉	スイス 有害/都市 既設/新設
水銀 (mg/m ³ _N)	0.05	0.05	0.05	Hg/Cd 0.1
カドミウム (mg/m ³ _N)	0.05	0.05	0.05	Hg/Cd 0.1

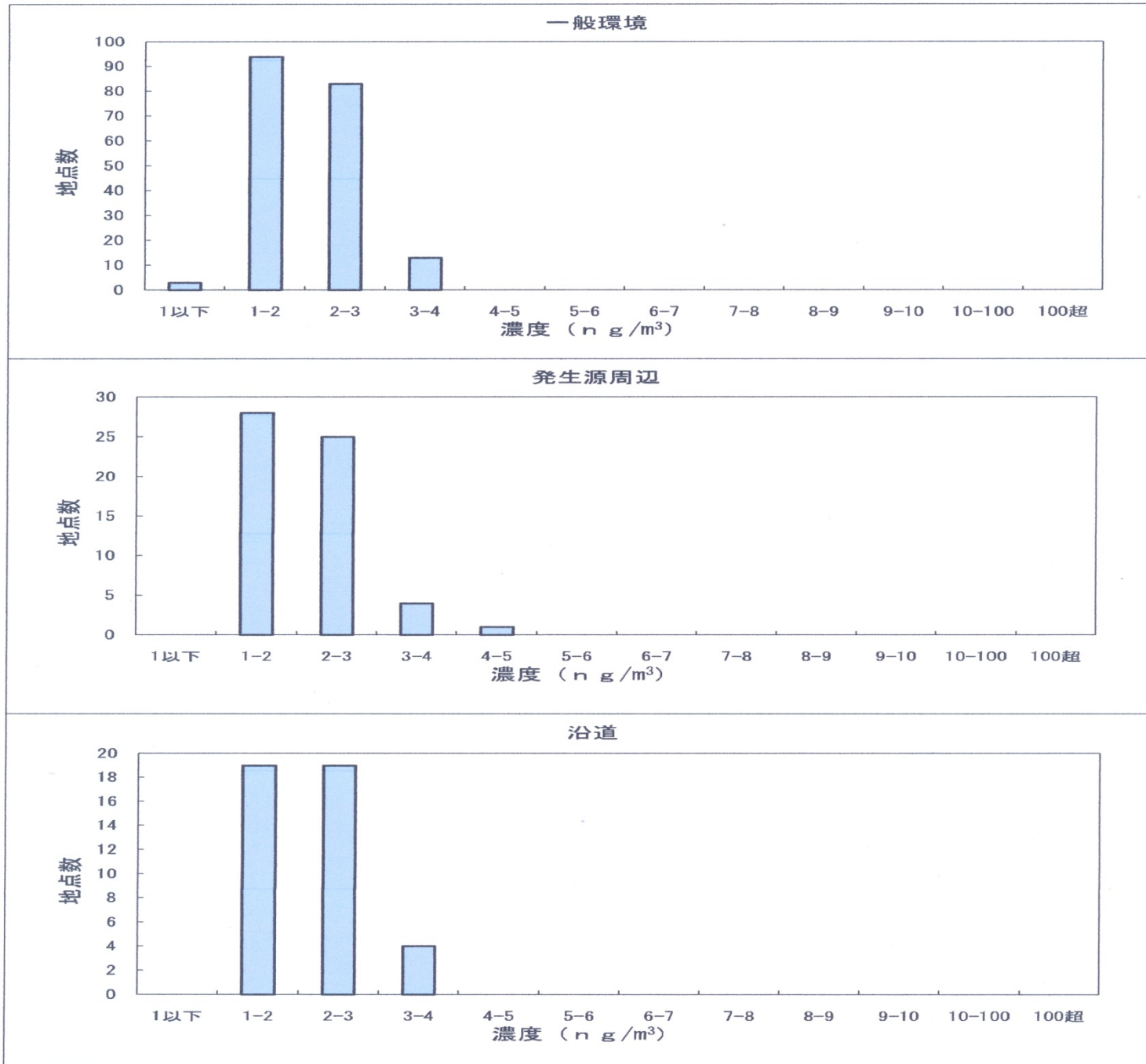
米国における焼却炉排出規制の状況

規制項目	既設の焼却炉	新設の焼却炉
Hg (mg/m ³ _N)	0.05	0.05
Cd、Pb (mg/m ³ _N)	0.270	0.062
As、Be、Cr、Sb (mg/m ³ _N)	0.210	0.060

我が国における環境基準及び排出基準

対象	基準の概要
大気(指針値)	水銀(水銀蒸気) 40ngHg/m ³ 以下
土壌	含有量基準: 15mg/kg以下
廃棄物焼却炉 (法対象)	新規: 30μg/Nm ³ 既存: 50μg/Nm ³

水銀及びその化合物の大気環境中濃度分布



神奈川県における環境中水銀濃度の測定例 (1980年代)

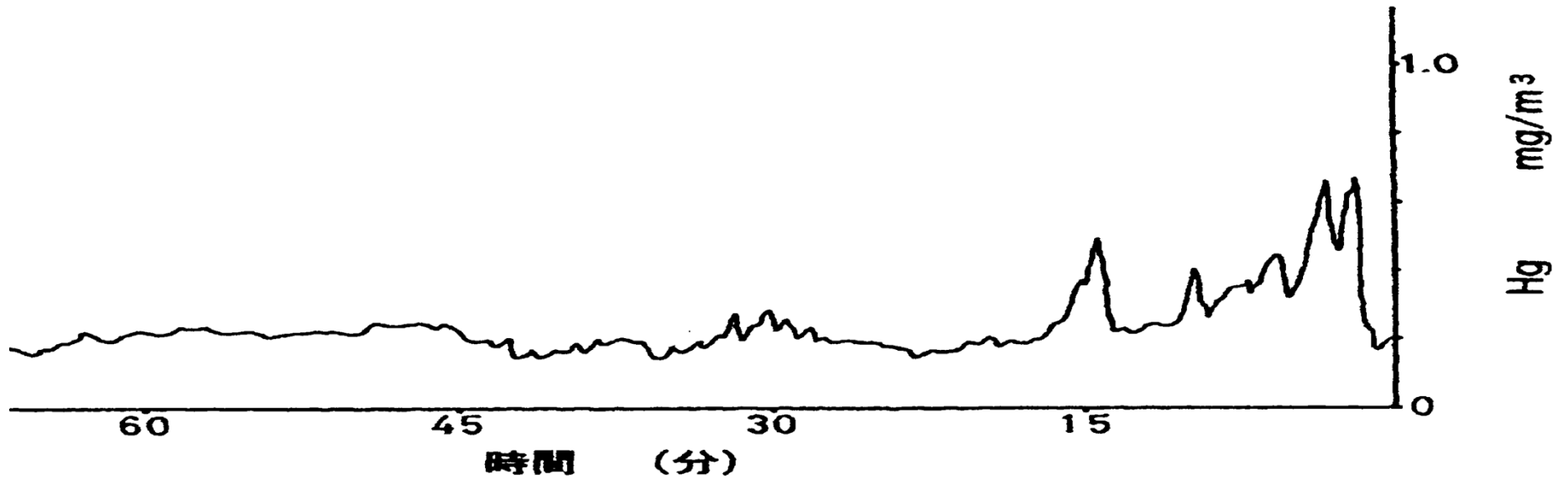
焼却施設周辺における環境中水銀濃度

- ・煙突の風上側 2 ~ 4 ng/m³
- ・煙突の風下側 最大で8 ng/m³

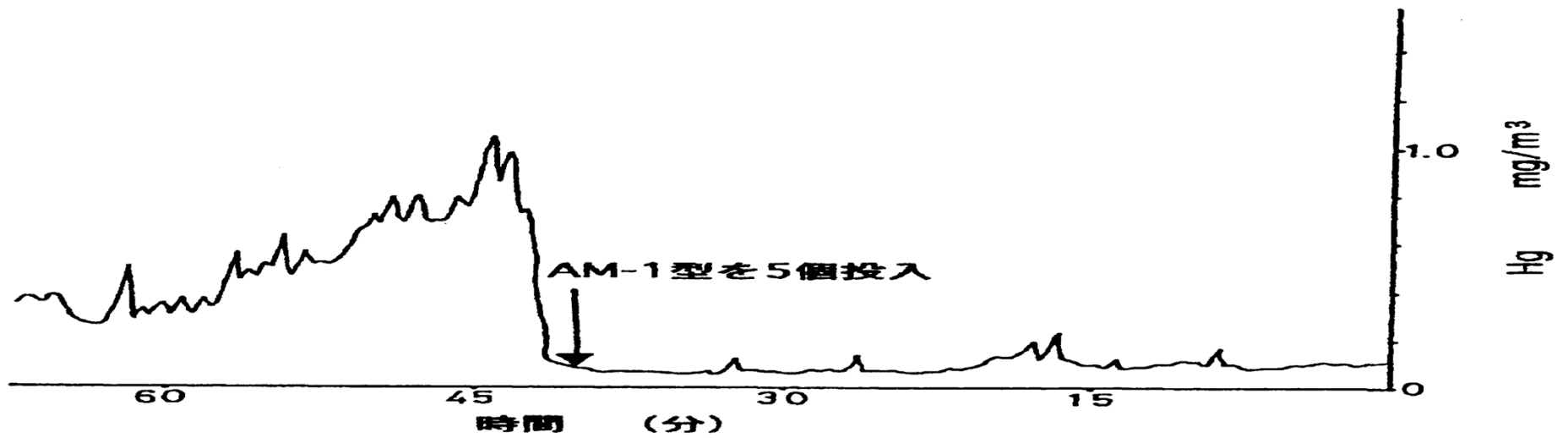
焼却施設周辺における土壌中水銀含有量

- ・東西南北方向の各5地点(合計20地点)における測定値
0.1 ~ 0.2 μg/g

地表面における最大濃度は0.2 μg/g程度であり、深さ方向(最大30cm)で0.1 μg/gに減衰していた



粗大ごみの破砕物を燃焼したときの水銀測定チャート

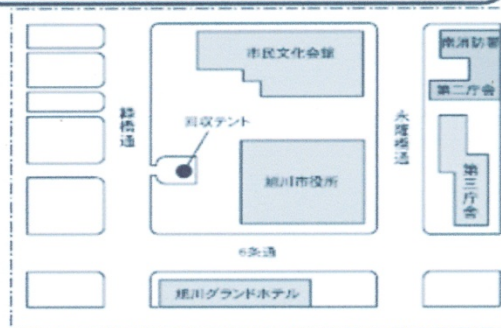


乾電池 (AM - 1 型) を投入した際の水銀測定チャート

ご家庭で不要になった
農薬，塗料，洗剤などを試験回収します！
 ～ ご家庭で処分に困っているものはありませんか？ ～

日時
 平成24年9月30日(日)
 9:00～12:00 ※雨天決行
場所
 旭川市役所前駐車場特設テント
 (オレンジ色ののぼりが立っている所)

※蓋がしっかり閉まる容器に入れてください。



—家庭大工用品—

- 塗料
 - シンナー
 - 接着剤
 - ニス
 - 錆止め/錆取り剤
 - コーキング
 - 床用ワックス
- など



—洗剤類—

- 衣料用漂白剤
 - 台所用洗剤
 - 住宅・家具用洗剤
- 食器洗い機用洗剤、台所用漂白剤、クレンザーなど
 ガラス用、浴室用、トイレ用、換気扇・レンジ用
 洗濯槽、排水パイプ用、カビ取り剤など



—園芸用農薬類—

- 農薬
 - クレオソート
- 殺虫剤、殺菌剤、除草剤、殺鼠剤
 など



—その他、処分に困っているもの
 / 中身が分からないもの—

- 除光液、パーマネント・ウェーブ剤など
- ラベルが剥がれるなどして中身が分からないもの



❌ 回収しないもの

- スプレー缶
- 電池類
- 蛍光管
- 燃料等の引火性製品
- 注射針などの医療廃棄物
- 粗大ごみに該当するもの
- 事業用のもの

平成24年10月1日(月)から平成25年4月30日(火)までの間は、旭川市クリーンセンターと近文リサイクルプラザの2か所で回収します。うら面へ→

水銀条約(1)

- ~~国連環境計画(UNEP)は、水銀による環境汚染と~~
人の健康被害を防ぐための法的拘束力のある国際条約を2013年に制定することを目指している。
- UNEPは2009年に条約の交渉開始を決議し、2010年スウェーデンのストックホルムで政府間交渉委員会の第1回会合を開催した。
- 2011年1月に千葉県幕張市で開催した第2回会合には130カ国が参加し、2013年に条約として採択することを決定した(2013年10月に水俣市で条約が採択された)。

水銀条約(2)

- 原案では、水銀と水銀化合物の「供給削減」、「添加製品の使用削減」、「水、土壌への排出削減」を骨子とする。
- 供給削減では採掘した水銀の輸出を禁止。使用削減する水銀添加製品は電池、計測器、蛍光灯、スイッチ類、歯科用アマルガムの5品目を指定。
- 水銀の輸出に関しては、原則禁止とする方向でおおむね一致。EUは2011年3月以降に水銀の輸出が禁止され、米国でも2013年までに輸出が禁止する。
- 日本には水銀の輸出を禁止する法律はないが、条約締結に伴い水銀の輸出禁止に踏み切る可能性がある。
(ここ5年間、100t超の水銀を海外に輸出している。)

水銀に関する水俣条約の概要

- ❑ 水銀を使った血圧計や水銀を一定以上含む蛍光ランプなど16品目の製造を20年に禁止
- ❑ 輸出入を条約に認められた用途などに限定
- ❑ 大気への排出削減のために新設の火力発電所などに最良の設備を義務付ける
- ❑ 水銀を含む廃棄物の適切な管理・処分
- ❑ 小規模な金採掘での水銀使用廃絶に向けた国家計画の作成
- ❑ 水銀鉱山の新規開発禁止、既存の鉱山は条約発効の15年後に廃止

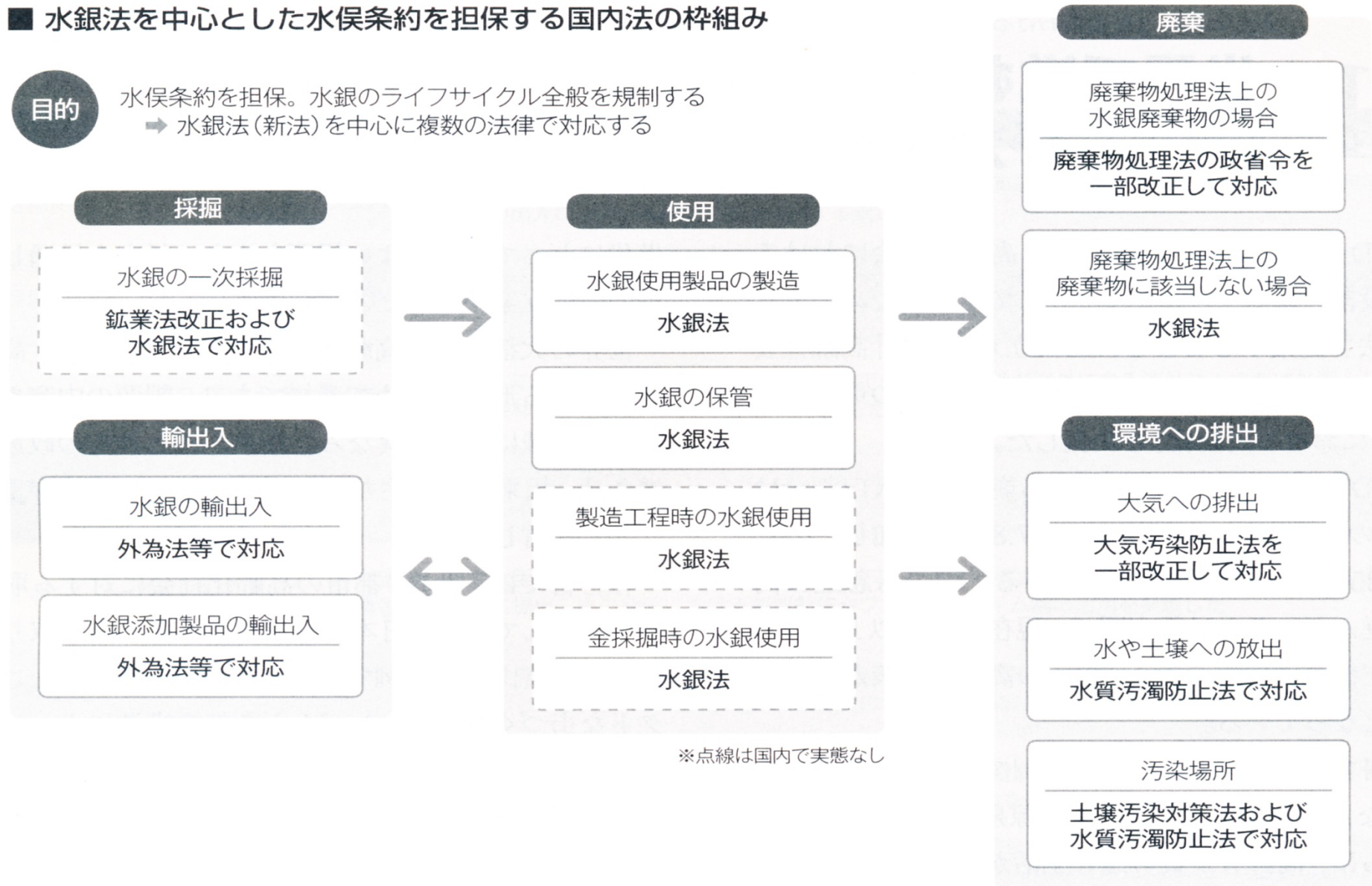
■ 製造禁止になる主な水銀使用製品と国内廃止期限の政府案

製品		国内廃止期限
電池	ボタン形アルカリ電池	2020年
	ボタン形酸化銀電池	2017年(前倒し)
	ボタン形空気亜鉛電池	2017年(前倒し)
	その他の電池	2017年(前倒し)
スイッチおよび継電器		2020年
ランプ類	蛍光ランプ(高圧水銀蒸気ランプを除く)	2017年(前倒し)
	高圧水銀蒸気ランプ	2020年
化粧品		2017年(前倒し)
駆除剤・殺生物剤 および局所消毒剤	農薬	2017年(前倒し)
	医薬品(チメロサル、メルブロミン)	2020年
非電気式計測器	気圧計、湿度計、圧力計、温度計、血圧計など	2020年

■ 水銀法を中心とした水俣条約を担保する国内法の枠組み

目的

水俣条約を担保。水銀のライフサイクル全般を規制する
 → 水銀法(新法)を中心に複数の法律で対応する

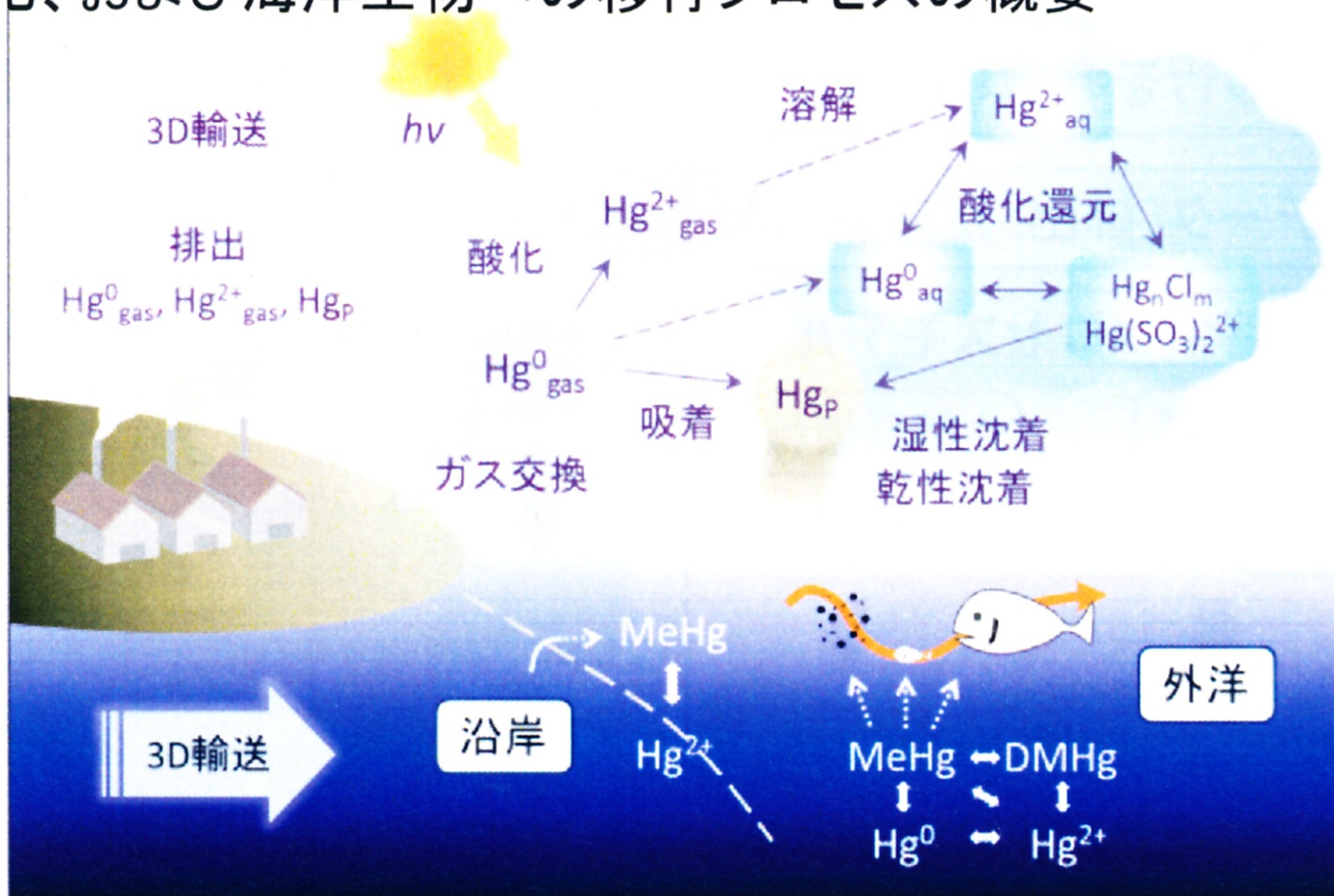


環境省の資料を参考に作成

水銀の全球多媒体モデル構築と海洋生物への移行モデルの構築

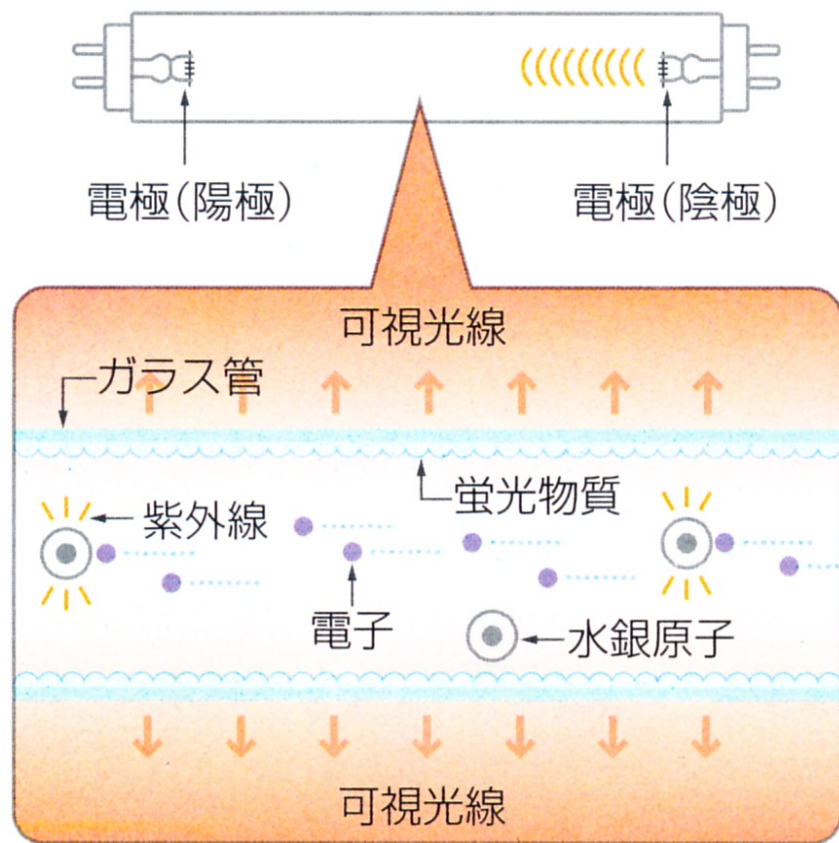
サブテーマ1

モデル開発において考慮する大気・海洋における輸送、形態変化、および海洋生物への移行プロセスの概要

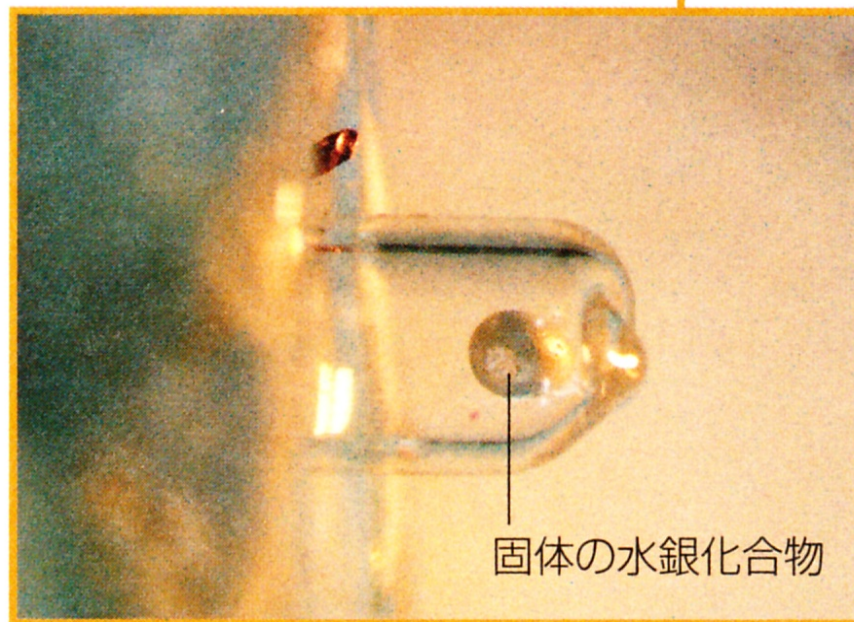
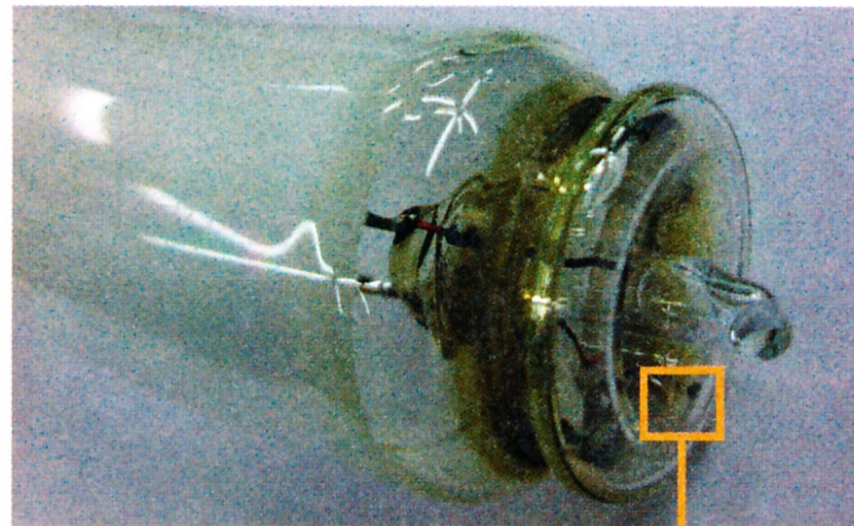


蛍光灯の中に微量の水銀を封入

■ 東芝ライテックの水銀低減技術



ガラス管の中に水銀化合物を封入して中で蒸発させる。東芝ライテックは、封入する水銀を固体にすることで分量の管理や封入作業をしやすくし、使用量を減らした





アメリカにおける金属水銀保管方式



岩塩鉦山内の作業および有害廃棄物保管マップ

柳泉園組合水銀混入調査対策委員会

報 告 書 (案)

平成 2 9 年 2 月

柳泉園組合水銀混入調査対策委員会

目次

1. はじめに.....	1
2. 目 的.....	3
(1) 柳泉園組合水銀混入調査対策委員会委員名簿.....	3
(2) 委員会議事概要.....	4
3. 『柳泉園クリーンポート』における水銀検出状況.....	5
(1) 焼却炉停止までの経緯.....	5
(2) 水銀検出後の対応.....	5
4. 水銀が検出された原因について.....	5
5. 水銀含有製品別の水銀排出源の可能性にかかる評価.....	6
6. 環境への影響について.....	6
7. 水銀 170 g に相当する使用済み廃乾電池の個数等の再試算について.....	7
(1) はじめに.....	7
(2) 検討結果（試算等の結果）.....	8
8. 「環境省モデル事業」による水銀体温計等の回収結果.....	12
9. 提言.....	13
9. 1 構成 3 市への提言.....	13
9. 2 柳泉園組合への提言.....	14
9. 3 市民の皆様への提言とお願い.....	14
9. 4 排出事業者及び収集運搬業者への提言.....	15
10. おわりに.....	16

参考資料

水銀の用途、環境中での挙動、健康への影響情報、及び基準値について

- (1) 用途
- (2) 環境中での挙動
- (3) 健康影響情報
- (4) 基準値

1. はじめに

今日、我が国における水銀に関する動向は、水俣条約を受け国内法の整備や改正などが進み、柳泉園組合の事業に関連するものとしては、「改正大気汚染防止法」（平成 30 年 4 月 1 日施行予定）による水銀の排出規制及び「水銀による環境の汚染の防止に関する法律」（日本国において条約の効力を生じる日（一部は、別途政令で定める日））に基づく各種の施策が施行される見込みとなっている。

このため、今後、柳泉園組合は、「改正大気汚染防止法」の排出基準を遵守した事業の推進が求められ、また、市町村は「水銀による環境の汚染の防止に関する法律」に基づく水銀使用製品の適正回収を進める必要がある。

このように、水銀含有製品の混入の防止は、地域の生活環境の保全の観点に加えて、新たに法令遵守の観点からも極めて重要な課題となっている。

こうした中で、柳泉園組合水銀混入調査対策委員会（以下「本委員会」という。）は、平成 27 年 9 月に排ガス中から水銀が検出された原因究明や再発防止のため、これまでに 5 回の検討を踏まえ、柳泉園組合、構成 3 市（清瀬市、東久留米市、西東京市）及び事業者（排出事業者、収集運搬事業者）に対する提言や、市民の皆様へのお願いを以下のようにとりまとめた。

なお、留意すべきこととして、他自治体等における水銀含有製品に係るアンケート等の結果において、同製品に係る情報が広く市民の皆様には共有されていないという状況が明らかになっており、これは構成 3 市においても同様と考えられる。

このため、柳泉園組合は構成 3 市とともに、市民の皆様や事業者には水銀含有製品に関する情報を広く伝える取り組みを実施する必要があり、これは、不適切な排出や非意図的な排出を未然に防止する上で不可欠と考えられ、優先して取り組む必要がある。

とりわけ、市民の皆様には、表 7-3 に示した水銀含有製品などについて、今後各市において構築されると考えられる回収システムを通じて、適切に排出されるように協力を努

めるとともに、家庭で使用せずに保管（退蔵）されている水銀血圧計や水銀体温計などについては、家の片づけや建替え時などに非意図的に排出されることを未然に防止するため、構成 3 市はそれらを積極的に回収するための取り組みも進めていく必要がある。本書は、これまでに 5 回開催された水銀混入対策委員会での議論をもとに取りまとめたものである。

2. 目的

平成 27 年 9 月 1 日、稼働中の柳泉園クリーンポート 1 号炉排ガスより、水銀が検出されたことで焼却炉を一時停止するという事態が生じた。その後、平成 27 年第 4 回柳泉園組合議会定例会において、この件に関する陳情が出され、採択された。

本件については、適切な対応策を講じることが必要であることから、本委員会を設置し、①水銀が検出された原因究明、②水銀が可燃ごみに混入しないための対策、③搬入された水銀含有廃棄物の管理体制についての検証、④環境への影響についての検証を行った。

(1) 柳泉園組合水銀混入調査対策委員会委員名簿

本委員会の委員名簿を表 2-1 に示す。

表 2-1 柳泉園組合水銀混入調査対策委員会名簿

委員長	宮川 正孝	環境カウンセラー
副委員長	武林 亨	慶應義塾大学 医学部 教授
委員	大塚 好夫	東京二十三区清掃一部事務組合 施設管理部処理技術担当部長
委員	鈴木 たかし	代表委員（清瀬市）
委員	島崎 清二	代表委員（東久留米市）
委員	桐山 ひとみ	代表委員（西東京市） 第 1～第 4 回委員会
委員	田中 のりあき	代表委員（西東京市） 第 5 回委員会
委員	黒田 和雄	清瀬市都市整備部長
委員	山下 一美	東久留米市環境安全部長
委員	松川 聡	西東京市みどり環境部長

(2) 委員会議事概要

委員会議事概要を表 2-2 に示す。

表 2-2 議事概要

委員会	開催日	議事内容
第 1 回委員会	平成 2 8 年 5 月 1 1 日	(1) 施設概要及び水銀検出状況 (2) 乾電池・廃蛍光管搬入量 (3) 収集運搬業者へのアンケート調査結果
第 2 回委員会	平成 2 8 年 8 月 1 日	(1) ごみピット混入推定量及び混入経路について (2) 煙突からの排出推定量について
第 3 回委員会	平成 2 8 年 1 0 月 7 日	(1) 水銀が混入しないための対策について (2) 水銀含有廃棄物の管理体制の検証について (3) 国の動向について
第 4 回委員会	平成 2 9 年 1 月 1 3 日	(1) 中間報告書（案）について (2) 改正大気汚染防止法について
第 5 回委員会	平成 2 9 年 2 月 2 4 日	(1) 環境への影響について (2) 報告書（案）について

3. 『柳泉園クリーンポート』における水銀検出状況

(1) 焼却炉停止までの経緯

柳泉園クリーンポートにおいて、平成 27 年 9 月 1 日 8 時 46 分ころ稼働中 1 号炉において排ガス中の水銀濃度が急上昇した。同日 16 時ころ 1 号炉の立ち下げを開始し、翌 9 月 2 日 10 時ころ 1 号炉停止が完了した。なお、詳細な焼却炉停止までの経緯については、中間報告書 表 3-1「焼却炉停止までの経緯」に記載してある。

(2) 水銀検出後の対応

9 月 1 日水銀検出後、10 月に減温塔内、煙道、及び脱硝反応塔の清掃を実施した後、11 月 19 日に 1 号炉立ち上げを開始した。詳細な水銀検出後の対応については中間報告書 表 3-2「水銀検出後の対応」に記載してある。

4. 水銀が検出された原因について

水銀が可燃ごみに混入した経路として、以下の 2 つの可能性が考えられる。

- ①事業系一般廃棄物からの混入
- ②家庭系一般廃棄物からの混入

混入経路等その原因を明らかにするため、以下の手法により調査を行った。

- 1) 収集運搬事業者へのアンケート調査
- 2) 可燃ごみ内容物調査
- 3) 看護系学校への聞き取り調査

しかし、これらの調査では明確な混入経路等その原因の特定はできなかった。また、本委員会において、柳泉園組合に持ち込まれた有害ごみ（乾電池及び蛍光管）が焼却炉に投入された可能性についても調査検討を行ったが、入出量実績及びその他資料からそ

の可能性は考えられなかった。

こうしたことから、本委員会としては、排ガスから水銀が検出されたことについての混入経路やその原因等は特定できないという結論に至った。

なお、柳泉園組合は、搬入された廃乾電池約 1,100 個について、29 年 1 月に「水銀 0」の乾電池の割合等について実態調査し、結果をとりまとめている。

5. 水銀含有製品別の水銀排出源の可能性にかかる評価

水銀含有製品別の内、一般的な含有製品別の水銀排出源の可能性にかかる評価結果については中間報告書表 4-1「水銀含有製品別の水銀排出源の可能性にかかる評価表」に詳しく示したが、同表の内、乾電池については、新たに得られた水銀量に関する知見等を踏まえ再評価を行っているので、本報告書 7「水銀 170 g に相当する使用済み廃乾電池の個数等の再試算について」に記載した。また、水銀量に関する出典などをより詳細に記載するなど、整理し、新たに評価表を表 7-3 として示した。

6. 環境への影響について

水銀混入推定量及び煙突からの排出推定量について中間報告書に詳しい記載があるが、一定の条件の下で、排ガス量からの混入推定量として 170 g 以上の水銀が混入されたと推測される。

なお、家庭等では、様々な水銀含有製品が広く使用され、かつ、それらに含有する水銀量は大きく異なること（例えば、ボタン電池などは数 mg であるが、水銀体温計約 1g(=1,000mg)、水銀気圧計は 1,500g (=1,500,000mg) など含有量には大きな幅がある。）などから、混入推定量は原因の特定に直接結びつくものではないが、推定量から想定される水銀含有製品の個数をもとに、その重量や容積などを勘案した物理的な搬入可能性なども踏まえ、一般的な水銀含有製品が原因となり得るかについて評価

の参考となることから試算したものである。

煙突からの排出予測結果は $140\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最大着地濃度は $0.00236\mu\text{g}/\text{m}^3$ と予測される。

最大着地濃度は、「今後の有害大気汚染物質対策のあり方について」（平成 15 年 中央環境審議会第 143 号）に示された有害大気汚染に係る指針値（年平均値 $0.04\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を大きく下回る結果であることから、環境に与えた影響は非常に小さかったと考えられる。

7. 水銀 170g に相当する使用済み廃乾電池の個数等の再試算について

(1) はじめに

一般的な水銀含有製品が今回の水銀混入の原因となり得るかを検討する一環として、水銀 170g に相当する廃乾電池の個数を試算するため、その水銀含有量を 1 個当たり平均 $0.01(\text{g})(=10(\text{mg}))$ と仮定したところ 17,000 個と試算された（第 2 回委員会配布資料 4）。

この仮定は、1992 年以降に我が国で製造されている乾電池は、製造工程において水銀の添加は行われていない「水銀 0」とされていることから、それ以前に国内で製造された乾電池や、水銀を使用している可能性のある海外製乾電池が、使用済みとなり廃棄されることを考慮したものである。

その後、2017 年 1 月に柳泉園組合に搬入された廃乾電池の実態を調査した結果、搬入された廃乾電池の 20 本に 19 本は「水銀 0」の乾電池となっている状況が確認された。

一方、野村興産(株)は、「平成 26 年度入荷使用済み電池水銀調査結果」として、廃乾電池中には、 $10\sim 20(\text{mg}/\text{kg})$ の水銀が含有としている（「水銀廃棄物の処理とリサイクル」スライド No.52 野村興産(株)資料）。また、廃乾電池からの水銀回収量に関

連して、年間 12,000(t)の廃乾電池、ボタン電池及び水銀体温計からの回収実績とし、300(kg)の水銀を回収 (=25 (mg/kg)) したとも公表している (同スライド)。ただし、後者の回収実績値は、乾電池以外にボタン電池や水銀体温計を含んだものであることから、この値を廃乾電池からの水銀回収の実績値とすることはできない。

このように「水銀 0」乾電池の普及状況や、廃乾電池からの水銀回収量等を考慮すると、前述した廃乾電池中の水銀含有量を 1 個当たり平均 10(mg)との仮定は、その値が大きかったと考えられる。

そこで、野村興産(株)の水銀調査結果等を踏まえて、廃乾電池中の水銀含有量は、10(mg/kg=g/t)と仮定し、170(g)の水銀に相当する乾電池の重量、個数及び容積を試算し、これらから、廃乾電池が今回の水銀混入の原因となり得る可能性について再度検討した。

(2) 検討結果 (試算等の結果)

170(g)の水銀に相当する廃乾電池の重量は、17,000(kg)=17(t)となった。

また、上述した組合が実施した廃乾電池の種類別 (マンガン乾電池、アルカリ乾電池) 及び規格別 (単一形から単四形の 4 つの規格) の実態調査結果を踏まえ、重量 17(t)の廃乾電池に相当する個数と容積を試算した結果、個数は 56 万個、容積については約 7(m³)となった。

仮に、この重量の廃乾電池を 2t 積みトラックで運搬する場合は、その 8.5 台分に相当し、その約 7(m³)の容積を踏まえ、ドラム缶で運搬する場合、必要とするドラム缶※は 47 缶で、1 缶当たりの重量は乾電池のみで約 360kg となる。以上を整理して、表 7-1 に示す。

※ ドラム缶の容量は 200L であるが、詰め込み時の空隙率を 25%と仮定し実容積は 150L とした。

表 7-1 水銀 170g に相当する廃乾電池に係る試算結果

	試算結果	備考
乾電池の重量	17,000kg=17t	2t 積みトラックで 8.5 台に相当
乾電池の個数	56 万個	
乾電池の容積	約 7m ³	ドラム缶で運搬すると 47 缶に相当

このように、水銀 170g に相当する廃乾電池は、非常に大きい重量と容積になると試算された。

こうした膨大な量の廃乾電池を、一度あるいは数回で、かつ人目につかず搬入することは困難と考えられ、今回の水銀混入の原因は、本試算結果からは、廃乾電池による可能性は低いものと判断された。

また、乾電池と同様に、水銀 170g に相当する蛍光管の容積を試算した。

蛍光管は、その形状（直管、環状等）や大きさも異なることから、ここでは、蛍光管 1 本当たりの平均的な水銀含有量を 0.006g(=6mg)とし、28,350 本全てが一般的な 20Wの直管蛍光管と仮定した。

20Wの直管蛍光灯のサイズは、直径：約 30mm、長さ：580mm（メーカー公表値）であることから、その 1 本の容積は、 $0.015 \times 0.015 \times 3.14 \times 0.580 = 0.0004097 \approx 0.00041(\text{m}^3)$ で、これに、28,350 本を乗じて、この本数の蛍光管の容積を求めると 11.7(m³)となる。

この本数の蛍光管を、畳 2 枚(1 坪)に積み上げると、その高さは 3.5mとなる。

以上を整理して、表 7-2 に示す。

表 7-2 水銀 170g に相当する廃蛍光管に係る試算結果

	試算結果	備考
蛍光管の個数	28,350 本	蛍光管 1 本当たりの水銀含有量を 6mg と仮定。
蛍光管の容積	約 11.7m ³	畳 2 枚に積み上げた場合、高さ 3.5m に相当（全てが 20Wの直管蛍光管と仮定した場合）

以上も踏まえ、水銀含有製品別の水銀排出源の可能性に係る評価表を再整理し表 7-3 に示す。

表 7-3 水銀含有製品別の水銀排出源の可能性に係る評価表

水銀含有製品	1個(本)当たりの平均的な水銀含有量	170g水銀相当個(本)数	水銀排出源の可能性に係る評価		
			一般家庭	事業所等	収集・運搬、処理業者及び製造業者等
蛍光管	2007年:0.007g 2013年:0.006g ※1	24,300 本 28,350 本	非常に低い	低い (搬入時等に発見可能)	
乾電池	マンガン乾電池は1991年、アルカリ乾電池については1992年から、水銀は使用されていない。試算では、10mg/kgとした。※2	720,000 個	非常に低い	非常に低い (搬入時等に発見可能)	
ボタン電池	無水銀製品の販売開始時期は、酸化銀電池:2005年、アルカリボタン電池:2009年で、空気亜鉛電池は技術的な課題もあり未対応。※3	34,000 個	非常に低い	低い (搬入時等に発見可能)	
水銀体温計	0.75 g 1.2 g	227 本 142 本	非常に低い	低い	ある。
水銀血圧計	47.6 g	ほぼ3.5個	非常に低い	ある。	ある。
電球類	0.01~3.5g程度 (製品により使用量が異なるとともに、かつ、幅がある。)※4	3,400個	非常に低い	低い (搬入時等に発見可能)	
計測器	・水銀温度計: 2.0g/本 ・水銀湿度計: 2.0g/本 ・水銀圧力計: 40g/台 ・水銀気圧計: 1,500g/台	・水銀温度計: 85 本 ・水銀湿度計: 85 本 ・水銀圧力計: 4.3 台 ・水銀気圧計: 0.23 台	非常に低い	低い 圧力計及び気圧計はあり	ある。
朱肉 (練り物に限る。)	3.58 g/個 ※5	47 個	非常に低い	低い	ある。
マーキュロクロム液	0.125 g/本 ※6	1,360 本	非常に低い	低い	ある。
無機薬品	水銀単体や、各種の水銀化合物があり、推定不能	推定不能	低い	ある。	ある。

※1 蛍光管の水銀封入量は、一般社団法人日本照明工業会の資料による。

※2 乾電池中の水銀含有量は、水銀 0 以前の乾電池や水銀を使用している可能性のある輸入乾電池を考慮し、野村興産(株)の調査結果に基づき 10mg/kg とした。

※3 ボタン電池の水銀含有量は、アルカリボタン電池の平均水銀含有量(0.0051g/個)などから 0.005g(=5mg)/個とした。

※4 電球類の水銀量は、一般社団法人日本照明工業会の資料から、0.05g(=50mg)/個とした。

※5 朱肉の内、練り物には水銀を含有しており、水銀量(3.58g/個)は、8個の朱肉の実測値(平成 26 年 12 月熊本県保健環境科学研究所分析結果)による。

※6 マーキュロクロム液(通称赤チン)は殺菌剤で、水銀量(0.125g/本)は、「日本薬局方」、独立行政法人 医薬品医療機器総合機構による。

8. 「環境省モデル事業」による水銀体温計等の回収結果

中間報告書において示した平成 27 年 2 月に実施された旭川市におけるモデル事業の結果と共に、同時期に実施された熊本県阿蘇市等と、実施時期は異なるが近隣自治体である東村山市における結果を整理して、表 8-1 に示した。

このうち、回収拠点については、阿蘇市等の事例においては、専ら本庁舎等の公共施設に設定しており、薬局や薬店の協力を得た他の事例とは異なっている。

表 8-1 東村山市等における「環境省モデル事業」による水銀体温計等の回収結果

		1	2	3
実施主体		東村山市	旭川市	阿蘇市、南小国町、小国町、産山村、高森町、南阿蘇村及び阿蘇広域行政事務組合
実施期間		平成 28 年 2 月 1 日～2 月 28 日	平成 27 年 2 月 1 日～2 月 28 日	平成 27 年 2 月 2 日～2 月 27 日
人口		約 151 千人	約 347 千人	約 60 千人
世帯数		約 71 千世帯	約 176 千世帯	約 24 千世帯
広報活動		市報、市 HP	市広報誌、市 HP 等 協力薬局へのポスター並 びにチラシの配布と掲示	広報紙掲載、HP、各戸 設置型電子端末、有線 放送、CATV、テレビ等
回収拠点		市内薬局・薬店(46 店 舗)、公共施設(13 か所)	市内協力薬局(184 店 舗)	各市町村の本庁窓口及 び支所等(15 か所)
回収対象		血圧計、体温計、温度 計	血圧計、体温計	血圧計、体温計
回 収 実 績	水銀血圧計	127 台	94 台	57 台
	水銀体温計	1,845 本	435 本 (+ イベント回収 6 本)	414 本
	水銀温度計	41 本	あり	15 本
	その他	169 内、瓶入り水銀(5) 残りは、アルコール体温計等水 銀を含まない物。	瓶入り水銀等	瓶入り水銀等
参考となる 取組み		市内薬局・薬店と公共 施設の両方に回収拠 点を設置	想定 Q&A 集の作成・配 布、イベントにおける回収 と意識調査の実施	ポスター等への「くまモ ン」の活用、回収品持 ち込み者への「水銀体 温計くまモン」シールの提 供
これまでの水銀 体温計・血圧計の 回収に係る 取組み状況		週 1 回、有害物として 回収を実施	体温計は月 2 回乾電池 と同様に、ごみステーション における分別収集を実 施	体温計及び血圧計につ いては、主に公共施設 への直接持ち込みによ る回収を実施
出典		※1	※2	※3

※1 水銀体温計・水銀血圧計・水銀温度計の薬局・薬店及び公共施設による回収量報告(平成 28 年 4 月 7 日 東村山)

※2 平成 26 年度水銀添加廃製品薬局回収モデル事業業務報告書(平成 27 年 3 月 公益社団法人全国都市清掃会議)

※3 平成 26 年度水銀体温計等回収ルート実証事業業務報告書(平成 27 年 3 月 株式会社東和テクノロジー)

9. 提言

9.1 構成3市への提言

① 全般的事項

「水銀による環境の汚染の防止に関する法律」は、国、事業者及び市町村の責務を規定している。そのうち、市町村の責務に関しては、「市町村は、その区域の経済的諸条件に応じて、その区域内における廃棄された水銀使用製品を適正に回収するために必要な措置を講ずるよう努めなければならない（17条）」としている。

実際に市民と接し水銀使用製品を回収するのは構成3市であることから以下のとおり提言する。

- ・ 柳泉園組合との連携による搬入する廃棄物への水銀混入の防止
- ・ とりわけ、水銀体温計、水銀血圧計及び水銀温度計などは、1個当たりに含まれる水銀量が蛍光管や乾電池に比べて多いことを踏まえ、その回収を推進するため、定期的に回収事業を行うとともに、常時これらの製品を受け入れる仕組みも市民の利便性にも配慮しながら、速やかに構築することを検討されたい。

なお、特に、他の自治体における回収事業において、金属水銀（液状）が回収されていることには留意が必要である。それらが仮に不適切に排出や廃棄される場合には、環境汚染や健康への影響も懸念されるため、積極的にその回収を図る必要がある。

- ・ 市民や中小零細事業者からの水銀含有製品の搬出・処分などに関する相談窓口を設けること
- ・ 市のHP、あるいは市主催の行事等の場を活用して、啓発活動を推進すること。
- ・ 水銀含有製品の回収等に関する情報の公開
- ・ 水俣条約や関連法令の施行等に伴う適切な対応

② 廃棄物収集事業者への広報及び指導

- ③ 構成 3 市と柳泉園組合による「搬入物・搬入方法等を協議する協同部会」の設置

9. 2 柳泉園組合への提言

中間処理施設としての柳泉園組合は「改正大気汚染防止法」（平成 30 年 4 月 1 日施行予定）による水銀の排出規制対象となること等を踏まえ、以下のとおり提言する。

① 全般的事項

- ・ 構成 3 市との連携による搬入される廃棄物への水銀混入の防止
- ・ 異常時の対応能力の向上に向けた職員等の教育訓練の実施
- ・ 水俣条約や関連法令の施行等に伴う適切な対応

② 異常時の対応

- ・ 対応マニュアルの職員及び運転担当委託事業者への周知
- ・ 対応訓練の実施【3年に一度は、夜間又は休日など管理体制が比較的十分でない状況を想定して実施すること】

③ 搬入された蛍光管、廃乾電池の管理体制の向上

④ 運搬業者に対する搬入検査等の強化

⑤ 構成 3 市と柳泉園組合による「搬入物・搬入方法等を協議する協同部会」の設置

⑥ 構成 3 市が行う市主催の行事等の場を活用しての啓発活動への参加協力

9. 3 市民の皆様への提言とお願い

- ・ 水銀を含有する蛍光管や乾電池の分別や適切な排出に、引き続きご協力されたい。
- ・ 水銀体温計、水銀血圧計、水銀温度計及び朱肉（粘土状のもの）などは含まれる水銀量も多く、誤って可燃ごみとして排出された場合、焼却処理や周辺の環境

に影響を及ぼすおそれがあるので、今後、各市において構築され则认为られる回収の仕組みなどを通じて適切に排出されたい。

- また、水銀体温計や水銀血圧計などを日常的に使用している、あるいは保管されている場合も、将来的には不要となり廃棄することも考えられることから、ご家庭の中で、こうした水銀含有製品を所有（保管）しているとの情報をご家族などで共有され、誤って（非意図的に）可燃ごみなどとして排出されることのないようにご配慮されたい。
- 極めて稀なケースとも考えられますが、水銀（液状）そのものをその量に関わらず、保管されている場合、万が一、保管容器が破損し水銀が床等に広がるとその回収は非常に困難であり、室内が水銀で汚染される可能性があります。そのため、保管管理を徹底されるとともに、ご自身で専門業者に依頼して処分するか、市役所にご相談されるなどにより適切に処分されることをお勧めします。

9. 4 排出事業者及び収集運搬業者への提言

- 水銀含有廃棄物が不適正に廃棄・処分されないように、自主的に研修会等の開催を行い、水銀含有製品やその廃棄方法を周知する。
- 水銀含有廃棄物を安全かつ効率的に分別・収集・運搬する方法を所管する行政等と連携して構築する。
- 水銀含有廃棄物を分別し、適正に収集・運搬及び処理することができる事業者
に委託する。

10. おわりに

全世界的に水銀の使用、移動等について水俣条約が発効する見込みとなっている中でわが国においても「改正大気汚染防止法」「水銀による環境の汚染の防止に関する法律」が施行される予定である。

このような情勢の中で、平成27年9月1日に発生した排ガス中の水銀検出、焼却炉停止、再稼働の一連の事を教訓に市民、市役所、中間処理施設、収集運搬事業者が水銀製品に関して各々の立場において、適切に行動していく必要があるとの意見を付して本報告書の結びとします。

参考資料

水銀の用途、環境中での挙動、健康への影響情報、及び基準値について

(1) 用途

水銀は、常温で液体である唯一の金属で、水に溶けにくい銀色の物質であり、他の金属と違って低温で固体から液体になり、また常温でも揮発する。水銀は自然界では硫黄と結合しやすいため、硫化水銀（辰砂）の形で存在することが多く、硫化水銀は、紀元前から赤色顔料などとして用いられ、金メッキをする際にも利用されてきた。

水銀は、各種電極や金・銀などの抽出液などに使われているほか、身近なところでは、血圧計、体温計、温度計などの計器類、水銀灯、蛍光灯などに使われており、かつては虫歯に詰めたりするアマルガムや消毒薬のマーキュロクロムにも多く使われていたが、現在ではほとんど使われていない。水銀の化合物には、塩化第二水銀、酸化第二水銀や塩化メチル水銀などがあり、それぞれの用途等について、表 1 にまとめた。

表 1 水銀の用途等

水銀化合物	用途
塩化第二水銀	水に溶けやすく、常温で白色の固体。殺菌剤や防腐剤、実験用試薬や合成樹脂製造の際の触媒などに使われる。
酸化第二水銀	常温では固体で、赤色と黄色の 2 種類が存在。磁器顔料の希釈剤、試薬の触媒などに使われる。
塩化メチル水銀	常温で白色の固体で、試薬として使用される。 ※有機水銀中毒として知られる水俣病は、アセトアルデヒドの製造過程で触媒として使われていた無機水銀化合物から塩化メチル水銀が副生され、これを処理しないまま排水として川や海へ排出したことから起きたものである。

(2) 環境中での挙動等

水銀は石炭中にも微量に含まれ、その燃焼等により、大気中へ排出された水銀は、ほとんどが水銀蒸気として存在すると考えられる。人為的な排出以外にも、水銀蒸気として地殻や海などから揮発したり、火山からの噴出によって、大気中に放出されます。大気中での残留時間は、報告によって 6 日から 6 年間までと幅があります。多くは雨とともに地表に降下する。土壌中や水中では再び水銀蒸気に戻ったり、微生物によって有機水銀化合物に変化するものもある。さらに、水と食物の両方から食物連鎖を通じて水生・海洋動物に生物濃縮すると考えられている。

なお、地殻の表層部には重量比で 0.00002%程度存在し、クラーク数^{*}で 65 番目に多い元素となっている。

(3) 健康影響情報

水銀及びその化合物は、その形態によって毒性が異なる。

水銀は脳の中に蓄積しやすく、体内で酸化反応を受ける前に脳に移行すると水銀によって中枢神経障害を起こすおそれがある。呼吸によって取り込んだ場合の LOAEL (最小毒性量) は 0.02mg/m³と考えられ、これに基づいて有害大気汚染物質の指針値が設定されています。

塩化第二水銀の場合、動物に長期間、口から取り込ませたいくつかの実験では、尿細管の変性及び壊死、腎症などの重い腎臓障害などが報告された。

有機水銀化合物は、無機水銀化合物に比べて毒性が強いとされている。メチル水銀は神経細胞中のたんぱく質の構造を変えることによって、神経細胞を変性、壊死させると考えられており、特に胎児への影響が大きいとされている。魚介類中に含まれる

^{*}クラーク数：地球上の地表付近に存在する元素の割合を火成岩の化学分析結果に基づいて推定した結果を存在率(質量パーセント濃度)で表したものである

水銀は、そのほとんどがメチル水銀の形態で含まれていることから、厚生労働省では、

妊婦に対して、水銀・メチル水銀を含む魚介類等の摂取について注意事項を公表し、バランスよく魚介類をとるよう注意を促している。また、妊婦を対象としたメチル水銀の TWI (耐容週間摂取量) ※を、1 週間に体重 1kg 当たり 0.002mg と算出している。また、水道水質基準は、魚介類の食品としての暫定的規制値 (総水銀 0.4ppm、メチル水銀 0.3ppm) を超えない濃度となるように設定されている。

塩化第二水銀は、マウスの骨髄細胞を使った染色体異常試験で陽性を示したと報告されている。また、水銀も、マウスを使った変異原性を調べる試験で陽性を示したと報告されている。

発がん性については、国際がん研究機関 (IARC) ではメチル水銀化合物をグループ 2B (人に対して発がん性があるかもしれない) に分類し、水銀及び無機水銀化合物はグループ 3 (人に対する発がん性については分類できない) に分類している。

人が水銀及びその化合物を体内に取り込む可能性があるのは、水銀の場合は呼吸、水銀化合物の場合は食物や飲み水によると考えられる。口から取り込まれた場合には、水銀はほとんど吸収されずに、そのままの形で便や尿に含まれて排せつされる。呼吸によって取り込まれた場合には、血液を通して全身に運ばれ、二価水銀へ酸化されてから、尿や便に含まれて排せつされ、約 1~2 カ月で半分の濃度になるとされています。

水銀化合物である塩化第二水銀では、口から人の体内に取り込まれた場合の吸収率は平均 5~7%とされ、主に尿や便から排せつされる。半分の濃度になる期間は水銀とほぼ同じである。

※ TWI (耐容週間摂取量) : 食品の消費に伴い摂取される汚染物質に対して人が許容できる一週間当たりの摂取量

環境省の2009年度の調査では、大気中からは有害大気汚染物質の指針値を超える濃度の水銀及びその化合物は検出されておらず、呼吸に伴う人の健康への影響は小さいと考えられます。

厚生労働省の調査では、日本人の食品からの水銀（総水銀）の摂取量は、1994～2003年の10年間の平均では、1週間に体重1kg当たり0.0012mgと低く、平均的な食生活をしている限り、健康への影響について懸念されるレベルではないと考えられる。また、水道水からは水道水質基準を超える濃度の水銀は検出されていないが、河川や地下水から水質環境基準を超える濃度の水銀がまれに検出される。このような汚染された水を長期間飲用するような場合を除いて、飲み水などを通じて口から取り込むことによる人の健康への影響は小さいと考えられる。

出典：「事業者が行う土壌汚染リスクコミュニケーションのためのガイドライン」（平成27年6月 公益財団法人 日本環境協会）資料編 P144～145

(4) 基準値

上記のように、水銀は摂取等した場合の健康被害が想定されることから、各種法律等により、環境中における濃度など基準が定められている。

水銀に係る主な基準値を表 2 に示す。

表 2 水銀に係る基準値

媒体等	基準値等の種類 (括弧内は法令等の名称)	基準値等の値	
		総水銀	アルキル水銀
大気	大気環境基準	未設定	未設定
	水銀及びその化合物が優先取組物質に指定(有害大気汚染物質に係るリストについて) ○有害大気汚染物質指針値	0.00004mg/m ³ 以下	—
	排出基準	施行日未定	—
水質	公共用水域についての環境基準 (環境基本法—水質汚濁に係る環境基準について)	0.0005mg/L以下	検出されないこと
	地下水環境基準 (環境基本法—地下水の水質汚濁に係る環境基準)	0.0005mg/L以下	検出されないこと
	公共用水域への排水基準 (水質汚濁防止法—排水基準を定める省令)	0.005mg/L以下	検出されないこと
	下水道への排除基準 (下水道法—下水道法施行令)	0.005mg/L以下	検出されないこと
	水道水質基準 (水道法—水質基準に関する省令)	0.0005mg/L以下	—
土壌	土壌環境基準 (環境基本法—土壌の汚染に係る環境基準について)	0.0005mg/L以下(検液中)	検出されないこと(検液中)
	土壌溶出量基準 (土壌汚染対策法—同施行規則・別表第3)	0.0005mg/L以下(検液中)	検出されないこと(検液中)
	土壌含有量基準 (土壌汚染対策法—同施行規則・別表第4)	15mg/kg以下	—
廃棄物	溶融固化物の目標基準(溶出基準) (一般廃棄物の溶融固化物の再生利用の実施の促進について)	0.0005mg/L以下(検液中)	—
作業環境	管理濃度 (労働安全衛生法)	水銀及びその無機化合物 0.025mg/m ³ (水銀として)	0.01mg/m ³ (水銀として)

※平成 20 年度水銀に関する国際的な法的枠組み検討調査委員会参考資料より抜粋
なお、一部については加筆