

平成25年度 大気中水銀バックグラウンド濃度等の
モニタリング調査結果について

平成26年9月2日
環境省環境保健部
環境安全課

目 次

1. 調査概要
2. 調査方法等
 - (1) 調査地点
 - (2) 調査項目、調査方法等
 - (3) 調査の検討体制
3. 調査結果の概要
 - (1) 大気中の水銀濃度
 - 1) 平成25年度の調査結果の概要
 - 2) 平成25年度と過年度の傾向の比較
 - (2) 降水中の水銀濃度
 - 1) 平成25年度の調査結果の概要
 - 2) 平成25年度と過年度の傾向の比較
 - (3) その他
4. 今後の対応

参考1：平成24年度有害大気汚染物質モニタリング調査結果と本調査の結果の比較

参考2：大気中粒子状物質における水銀以外の金属元素濃度の測定結果について

参考3：有害大気汚染物質測定方法マニュアルによる測定と本調査の方法による測定結果の比較

1. 調査概要

国連環境計画（UNEP）においては、平成13年より地球規模での水銀汚染に関連する活動を開始し、水銀による環境汚染への国際的な対応を進めている。平成17年には、第23回UNEP管理理事会における決議を受け、水銀の排出削減に向けて各国政府、NGO、企業等による自主的な取組としてUNEP世界水銀パートナーシップが開始され、また、平成25年1月には水銀条約に関する政府間交渉委員会第5回会合において「水銀に関する水俣条約」の条文案が合意され、10月には水銀に関する水俣条約の外交会議において「水銀に関する水俣条約」が採択された。

他方、UNEPや欧州連合（EU）等により、国際的に水銀濃度の連続測定を行う観測網が整備されつつある。しかしながら、アジア太平洋地域は、世界的に見ても水銀の大気排出量が多い地域であるにも関わらず、欧米諸国と比べると、水銀の連続モニタリングを実施している地点が少なく、また、国際的に相互比較可能なモニタリングのデータも少ない状況となっている。

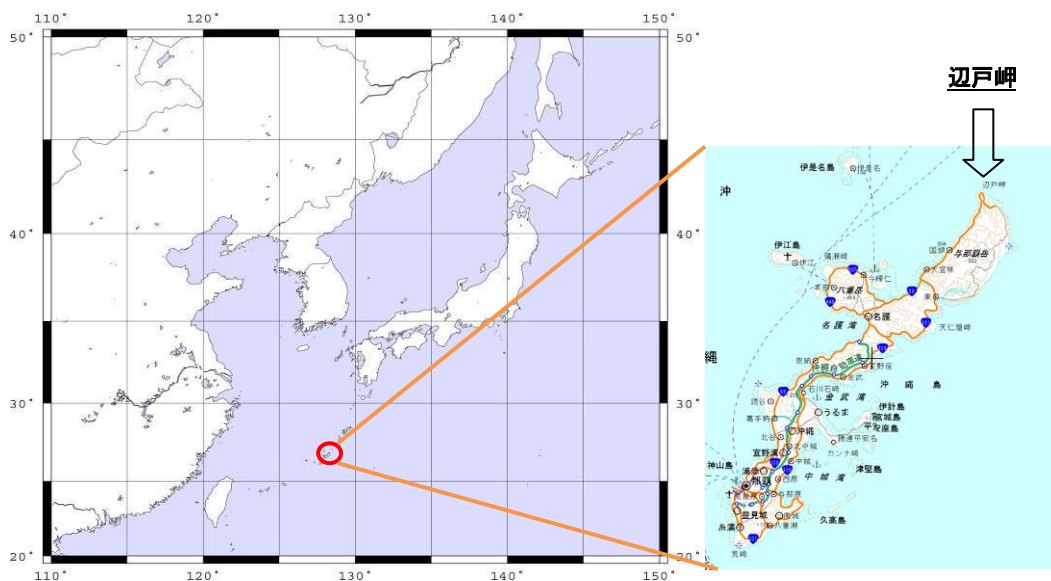
こうした国際動向等を踏まえ、環境省では、平成19年度*より、国際的な水銀の排出状況及び濃度レベルの推移、それらが我が国の環境に及ぼす影響の把握等を通じて、国際的な水銀対策の立案に資することを目的として、水銀について、国内の発生源による影響を直接受けにくい地点（バックグラウンド地点）における大気中濃度（バックグラウンド濃度）等について、モニタリングを実施してきた（※予備的な調査は、平成18年度に実施）。

本調査結果は、平成25年度の調査結果を過年度の調査結果と併せてとりまとめたものである。

2. 調査方法等

(1) 調査地点

独立行政法人 国立環境研究所 辺戸岬 大気・エアロゾル観測ステーション（沖縄県国頭郡国頭村字宜名真）



(2) 調査項目、調査方法等

調査項目及び調査方法等を表1に示す。

1) 大気中水銀濃度の測定

大気中の水銀には多くの種類(形態)が存在し、その大部分を占める元素状水銀(金属水銀)のほか、酸化態水銀、粒子状水銀等の形態がある。こうした様々な形態の水銀は、大気中において異なる挙動を示すことが知られており、金属水銀は大気中に長時間にわたって滞留する一方で、酸化態水銀及び粒子状水銀は降水などを通じて地上に沈着しやすく、大気沈着において大きな割合を占めることが知られている。

本調査では、国際的な水銀の排出状況及び濃度レベルの推移、それらが我が国の環境に及ぼす影響の把握等に資することを目的に、大気中の水銀に関し、国内のバックグラウンド地点において、ガス状で存在する金属水銀及び酸化態水銀並びに粒子状水銀の濃度をそれぞれ形態別に測定した(表1)。

測定は、短時間の水銀濃度の変化を化学形態別に精度良く測定できる装置で、国際的に広く利用されている Tekran 社(カナダ)製の形態別水銀連続測定装置により行った(表2参照)。

なお、この本調査における測定の方法は、環境省が実施している大気汚染防止法に基づく有害大気汚染物質モニタリング調査における「有害大気汚染物質測定方法マニュアル」(平成23年3月 環境省)に従った方法*と異なる。このため、平成20年度に従来のマニュアルに従った方法と並行測定を行い、両者の測定値が良く一致していることを確認している(詳細は参考3参照)。

表1 調査項目、調査方法及び頻度

区分	調査項目		調査方法	測定頻度
大気成分	ガス状	金属水銀	Tekran 社製形態別水銀連続測定装置により測定	連続測定(16回/日)
		酸化態水銀		連続測定(8回/日)
降水成分	降水中の水銀濃度		降水捕集装置(採水口径15cm)により試料を採取し、米国環境保護庁(EPA)が定める Method 1631 に準じ水銀濃度を分析	週1回測定(7日間連続サンプリング)

注) 本調査における「金属水銀」とは、大気中にガス状で存在する水銀元素(Hg^0)のことを指す。また、「酸化態水銀」は、大気中にガス状で存在する酸化された水銀(Hg^{2+})を、「粒子状水銀」は、大気中の浮遊粒子状物質に含まれる又は吸着している水銀を、それぞれ表している。

表2 形態別水銀連続測定装置の概要

形態別水銀連続測定装置 (Tekran 社製)	
検出部 : Model 2537 捕集部 : Model 1130 、 Model 1135	
測定範囲 (ngHg/m ³)	0.1~10,000
検出下限 (ngHg/m ³)	0.1 (7.5L サンプル)
流量 (L/min)	0.5~1.5
試料採取間隔	5~120 分 (ガス状(金属) : 5 分、ガス状(酸化態)・粒子状 : 120 分)
測定方法	加熱気化-金アマルガム冷原子蛍光法

2) 降水中水銀濃度の測定

本調査では、降水によって地表にもたらされる水銀の量をモニタリングするため、降水中の水銀について、濃度の測定を行った。

測定のための試料の採取に際しては、感雨計により自動的に降水試料のみを採取できる降水捕集装置 (採水口径 15cm) を用いて連続採取を行った。また、水銀濃度の分析は、週 1 回の頻度で、所要の分析精度を確保するため、米国環境保護庁 (EPA) の Method 1631 に準じ、還元気化-金アマルガム-冷原子吸光分析法により行った。

なお、降水の分析は、分析精度上、十分な試料が得られた週のみを対象に行った。また、装置に関しては、週 1 回、点検、洗浄及び動作確認を行った。

(3) 調査の検討体制

調査の計画・実施に当たっては、専門家から構成する「有害金属モニタリング調査検討会」(柴田康行委員長 (独立行政法人 国立環境研究所)) を設置し、調査手法等について検討・助言を受けるとともに、調査結果の評価等を行った。

平成25年度「有害金属モニタリング調査検討会」委員

氏名	所属・役職
柴田 康行	(独)国立環境研究所 環境計測研究センター 上級主席研究員 (※委員長)
鈴木 規之	(独)国立環境研究所 環境リスク研究センター リスク管理戦略研究室長
高見 昭憲	(独)国立環境研究所 地域環境研究センター 広域大気環境研究室長
福崎 紀夫	新潟工科大学 環境科学科(物質生物システム工学科) 教授
丸本 幸治	国立水俣病総合研究センター 環境・疫学研究部 環境化学研究室 主任研究員
溝畑 朗	大阪府立大学 放射線研究センター 環境計測科学研究室 特認教授

3. 調査結果の概要

(1) 大気中の水銀濃度

形態別水銀連続測定装置を用いて、大気中の形態別水銀濃度を測定した。測定結果の概要は以下のとおり。

1) 平成25年度の調査結果の概要

- ・大気中の形態別水銀計濃度の年平均値は $1.7\text{ngHg}/\text{m}^3$ 、月平均値の範囲は $1.4\sim 1.9\text{ngHg}/\text{m}^3$ 、1時間毎の測定値の範囲は $0.9\sim 4.8\text{ngHg}/\text{m}^3$ だった。また、大気汚染防止法に基づく大気中水銀濃度の指針値（年平均値 $40\text{ngHg}/\text{m}^3$ ）を常に下回っていた（表3、図1）。
- ・大気中の水銀は、そのほとんどが金属水銀で占められており、酸化態水銀及び粒子状水銀が占める割合は、平均で1%未満、高い時でも数%程度であった（表3、図1）。
- ・水銀濃度の平均値や範囲は調査時期によって異なり、水銀濃度は比較的短期間で変化していることが確認された（図1、図2）。
- ・なお、環境省水・大気環境局が実施している大気汚染防止法に基づく有害大気汚染物質モニタリング調査における平成24年度の水銀濃度（全国平均で $2.1\text{ngHg}/\text{m}^3$ ）と比較して、本調査の結果は概ね同程度であった。（参考1参照。）

※大気汚染防止法に基づいて行われている有害大気汚染物質モニタリング調査における水銀濃度のモニタリングと本調査では測定方法が異なる。（参考3参照）

表3 大気中水銀濃度の測定結果（平成25年度）

測定項目	統計値	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間
金属水銀 (①) (ngHg/m ³)	平均値	1.9	1.8	1.7	1.4	1.5	1.6	1.6	1.9	1.9	1.8	1.8	1.9	1.7
	標準偏差	0.3	0.4	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3
	最小値	1.5	1.3	1.3	0.9	1.1	1.3	1.4	1.4	1.5	1.4	1.4	1.4	0.9
	最大値	3.8	3.9	3.0	2.2	3.2	2.7	2.3	4.2	4.8	3.6	3.7	4.8	4.8
	中央値	1.8	1.7	1.6	1.4	1.4	1.6	1.6	1.8	1.8	1.7	1.7	1.8	1.6
酸化態水銀 (②) (ngHg/m ³)	平均値	0.002	0.001	0.001	0.002	0.003	0.001	0.001	0.003	0.006	0.003	0.002	0.002	0.002
	最小値	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	最大値	0.019	0.019	0.014	0.028	0.039	0.014	0.011	0.020	0.022	0.016	0.027	0.016	0.039
	中央値	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.004	0.002	<0.001	<0.001	<0.001
	75%値	0.002	<0.001	0.001	0.003	0.003	0.001	0.001	0.004	0.009	0.004	0.001	0.002	0.002
	検出率(%)	39	23	27	58	47	33	29	51	77	68	30	49	45
粒子状水銀 (③) (ngHg/m ³)	平均値	0.004	0.002	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.002	0.004	0.007	0.009	0.004	0.007	0.004
	最小値	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	最大値	0.026	0.011	0.005	0.002	0.005	0.006	0.011	0.029	0.053	0.071	0.026	0.026	0.071
	中央値	0.003	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.003	0.006	0.008	0.004	0.005	0.002
	75%値	0.005	0.002	0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.003	0.005	0.009	0.012	0.006	0.009	0.005
	検出率(%)	89	55	31	16	21	47	80	85	93	100	89	98	67
合計 (ngHg/m ³)	平均値	1.9	1.8	1.7	1.4	1.5	1.6	1.6	1.8	1.9	1.8	1.8	1.9	1.7
	標準偏差	0.3	0.4	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3
	最小値	1.5	1.3	1.3	0.9	1.1	1.3	1.4	1.4	1.5	1.4	1.4	1.4	0.9
	最大値	3.8	3.9	3.0	2.2	3.2	2.7	2.3	3.2	4.8	3.7	3.7	4.8	4.8
	中央値	1.8	1.7	1.6	1.4	1.4	1.6	1.6	1.8	1.7	1.7	1.7	1.8	1.6
月平均値の 構成比 (%)	①	99.7	99.8	99.9	99.8	99.8	99.8	99.8	99.6	99.3	99.3	99.7	99.5	99.7
	②	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1
	③	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.4	0.5	0.2	0.4	0.2

注1) 最大値及び最小値は、それぞれの形態毎の測定値（測定頻度については表1参照）の月間の最大・最小値を表す。また、合計は、金属水銀の測定値に、酸化態水銀及び粒子状水銀の測定値を合計することにより算出した。

(※それぞれの形態の測定頻度は異なるが、本調査では、次の測定値が出るまでの時間の濃度は、直後に測定された濃度と同一であるとみなし、合計を計算した。)

注2) 1ng（ナノグラム）は10億分の1g（グラム）にあたる。

注3) 測定の定量下限値は金属水銀 0.1ngHg/m³、酸化態水銀及び粒子状水銀 0.001ngHg/m³であり、「<」は定量下限値未満を示す。平均値の算出にあたり、定量下限値未満の数値については定量下限値の1/2として計算に用いた。なお、酸化態水銀及び粒子状水銀は、定量下限値未満の測定値が多かったことから、参考として、75%値（測定値の低いほうから 0.75×n 番目（nはデータ数）の値）及び検出率（定量下限値以上の測定値の割合）を示した。

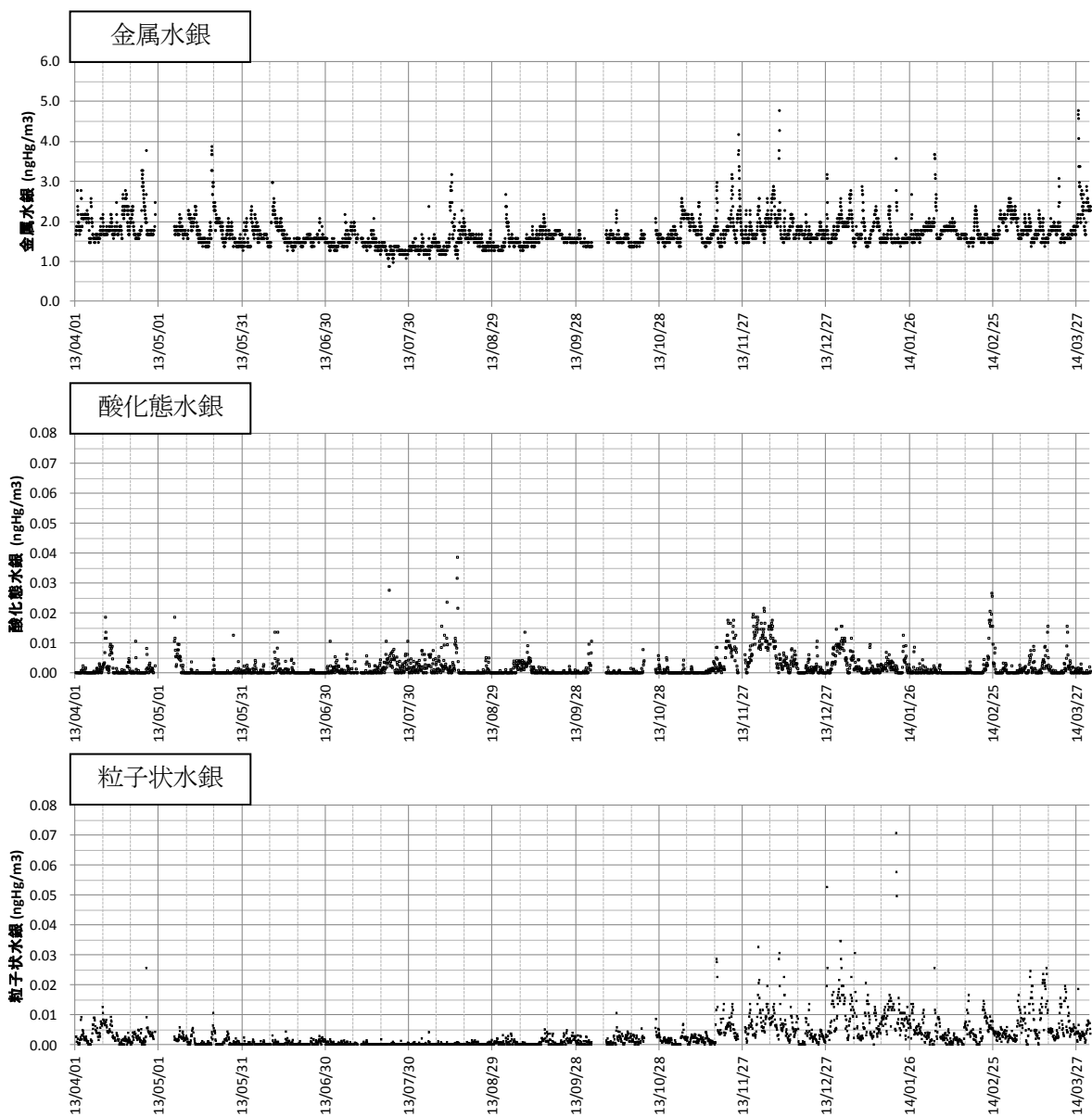


図 1 平成 25 年度の大気中形態別水銀濃度測定結果

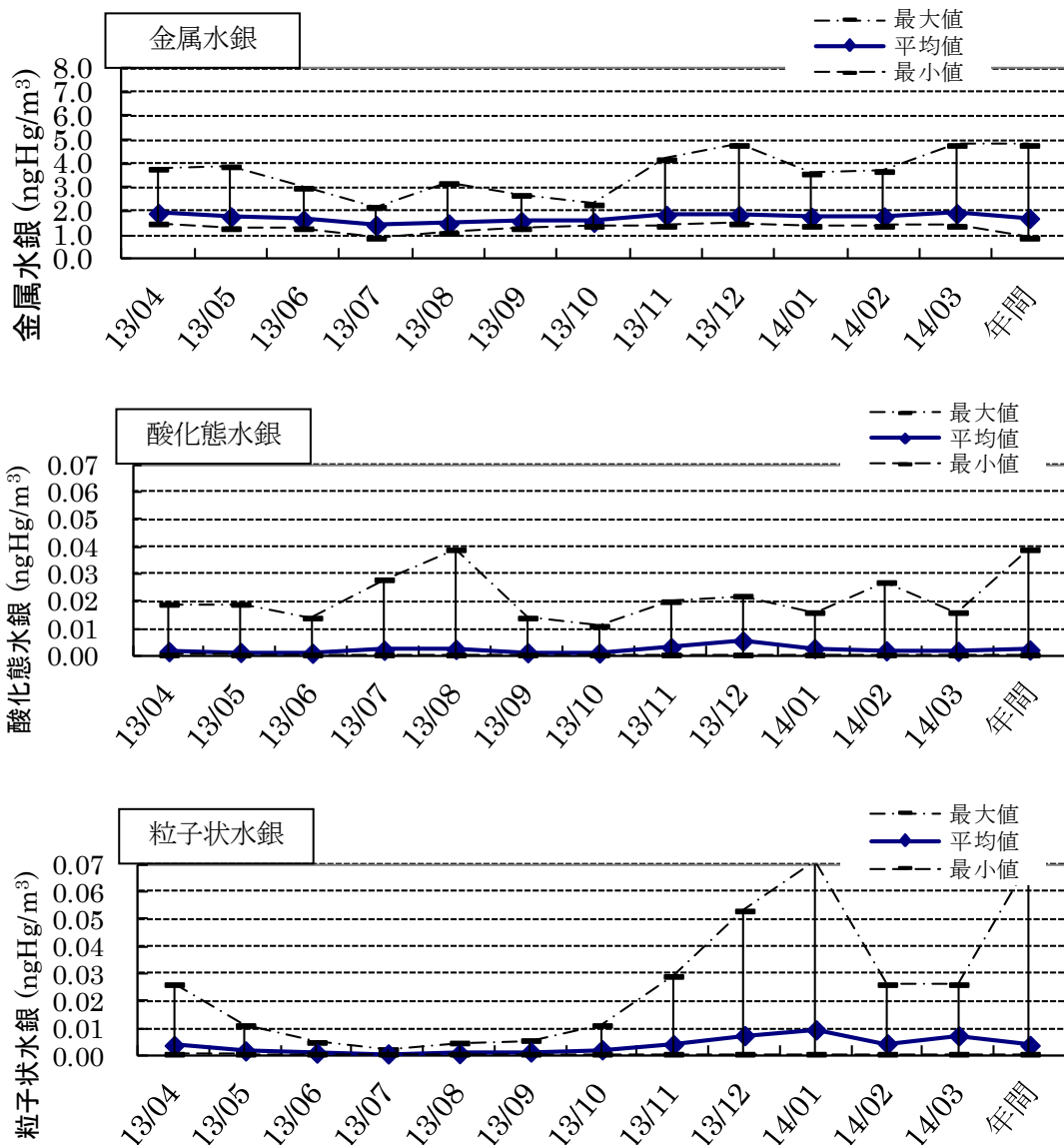


図2 平成25年度大気中形態別水銀濃度の測定結果（月平均値等）

注) 最大値及び最小値は、それぞれの形態毎の測定値の月内での最大又は最小値を表す。

2) 平成25年度と過年度の傾向の比較

- ・平成25年度の形態別の水銀計濃度及びそれらの合計の年平均値は、平成19～24年度の調査結果（合計又は金属水銀の濃度について年平均値で2ngHg/m³前後）と比較して、やや低い結果となったが、概ね横ばいで推移した（図3、表4、表5）。
- ・過年度の調査結果も含めて、測定値は大気汚染防止法に基づく大気中の水銀濃度の指針値(年平均値40ngHg/m³)を常に下回っていた（図3、表5）。
- ・なお、平成21年度までは試行調査段階であるため、調査日数が異なる等、調査結果の年度間の比較には注意が必要である。

表4 大気中水銀濃度の年度別調査結果の概要

(単位：ngHg/m³)

調査時期	平均値	最小値	最大値	調査日数
平成19年度	1.5	0.8	4.4	168
平成20年度	1.8	1.0	5.2	250
平成21年度	2.2	1.5	5.2	350
平成22年度	1.9	1.2	6.0	353
平成23年度	2.1	1.1	4.7	341
平成24年度	2.0	1.3	7.3	309
平成25年度	1.7	0.9	4.8	352

注1) 平成19年度については、測定を開始した平成19年10月16日以降のデータの平均値等を記載している。

注2) 平成21年9月以前については、金属水銀の測定データを用いた。平成21年10月以降については、酸化態及び粒子状水銀について安定して測定が実施できるようになったことから、同月以降は合計濃度を算出しており、そのデータを平均値の算出に用いている。（表5、図3参照）

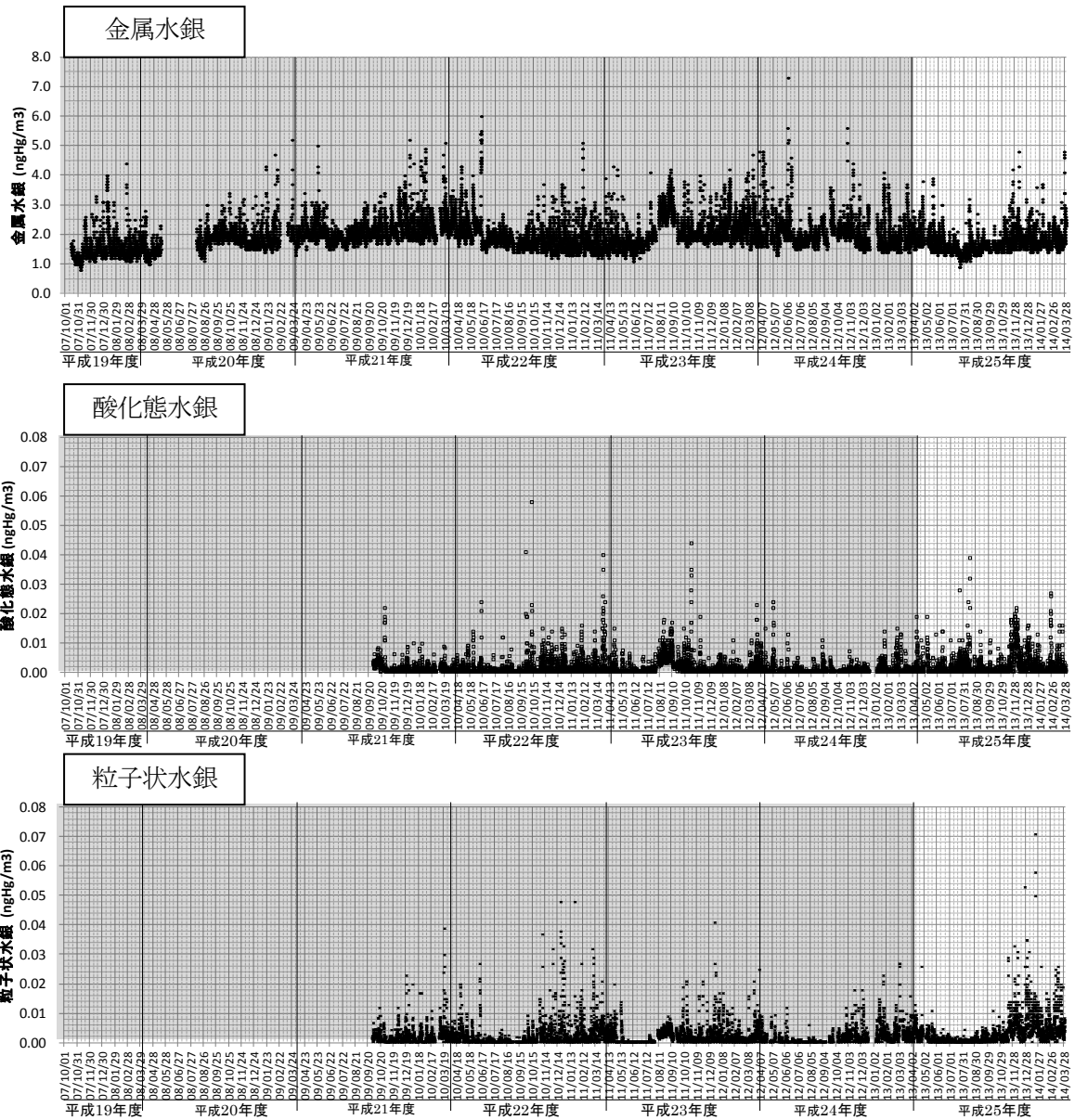


図3 大気中形態別水銀濃度の測定結果の経年変化

注) 酸化態水銀及び粒子状水銀については、安定して測定が実施できるようになった平成 21 年 10 月以降のデータを掲載している。

表5 過年度の大気中水銀濃度（合計又は金属水銀）測定結果の月毎データ

平成21年度（9月以前は金属水銀、10月以降は合計）（単位：ngHg/m³）

項目	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間
平均値	2.0	2.2	2.0	1.8	2.0	2.1	2.2	2.1	2.4	2.2	2.3	2.5	2.2
標準偏差	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4
最小値	1.5	1.7	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.7	1.7	1.9	1.5
最大値	3.4	5.0	3.1	2.3	2.5	3.1	3.4	3.5	5.2	4.5	4.9	5.1	5.2
中央値	2.0	2.1	1.9	1.8	2.0	2.0	2.1	2.1	2.3	2.0	2.2	2.3	2.0

注) 10月以降、金属水銀及び粒子状水銀について安定して測定が実施できるようになったことから、同月以降は合計濃度を算出し、そのデータを掲載している。

平成22年度（合計）（単位：ngHg/m³）

項目	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間
平均値	2.4	2.2	2.2	1.9	1.8	1.7	1.8	1.8	1.8	1.6	1.8	1.7	1.9
標準偏差	0.5	0.4	0.8	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.3	0.5	0.4	0.5
最小値	1.6	1.7	1.4	1.6	1.4	1.4	1.4	1.2	1.2	1.3	1.3	1.2	1.2
最大値	4.3	4.0	6.0	2.4	2.7	2.3	3.3	3.7	3.7	3.1	5.1	3.1	6.0
中央値	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.6	1.7	1.7	1.7	1.5	1.7	1.5	1.8

平成23年度（合計）（単位：ngHg/m³）

項目	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間
平均値	1.8	1.7	1.6	1.9	2.8	2.6	2.1	2.1	2.1	2.3	2.2	2.3	2.1
標準偏差	0.4	0.4	0.2	0.3	0.3	0.6	0.3	0.3	0.3	0.5	0.3	0.5	0.5
最小値	1.2	1.2	1.1	1.4	1.8	1.7	1.6	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.1
最大値	4.3	4.2	2.7	4.1	3.7	4.2	3.8	4.0	3.4	4.2	3.2	4.7	4.7
中央値	1.7	1.6	1.6	1.9	2.7	2.6	2.0	2.0	1.9	2.2	2.2	2.1	2.0

平成24年度（合計）（単位：ngHg/m³）

項目	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間
平均値	2.2	2.1	2.2	1.8	2.0	2.2	2.2	2.1	1.8	1.9	1.9	1.9	2.0
標準偏差	0.7	0.4	0.7	0.2	0.2	0.4	0.3	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.5
最小値	1.6	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.8	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3
最大値	4.8	3.6	7.3	2.9	2.6	3.6	5.6	4.4	3.0	4.1	3.7	3.7	7.3
中央値	2.0	2.1	2.0	1.8	1.9	2.2	2.1	2.0	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9

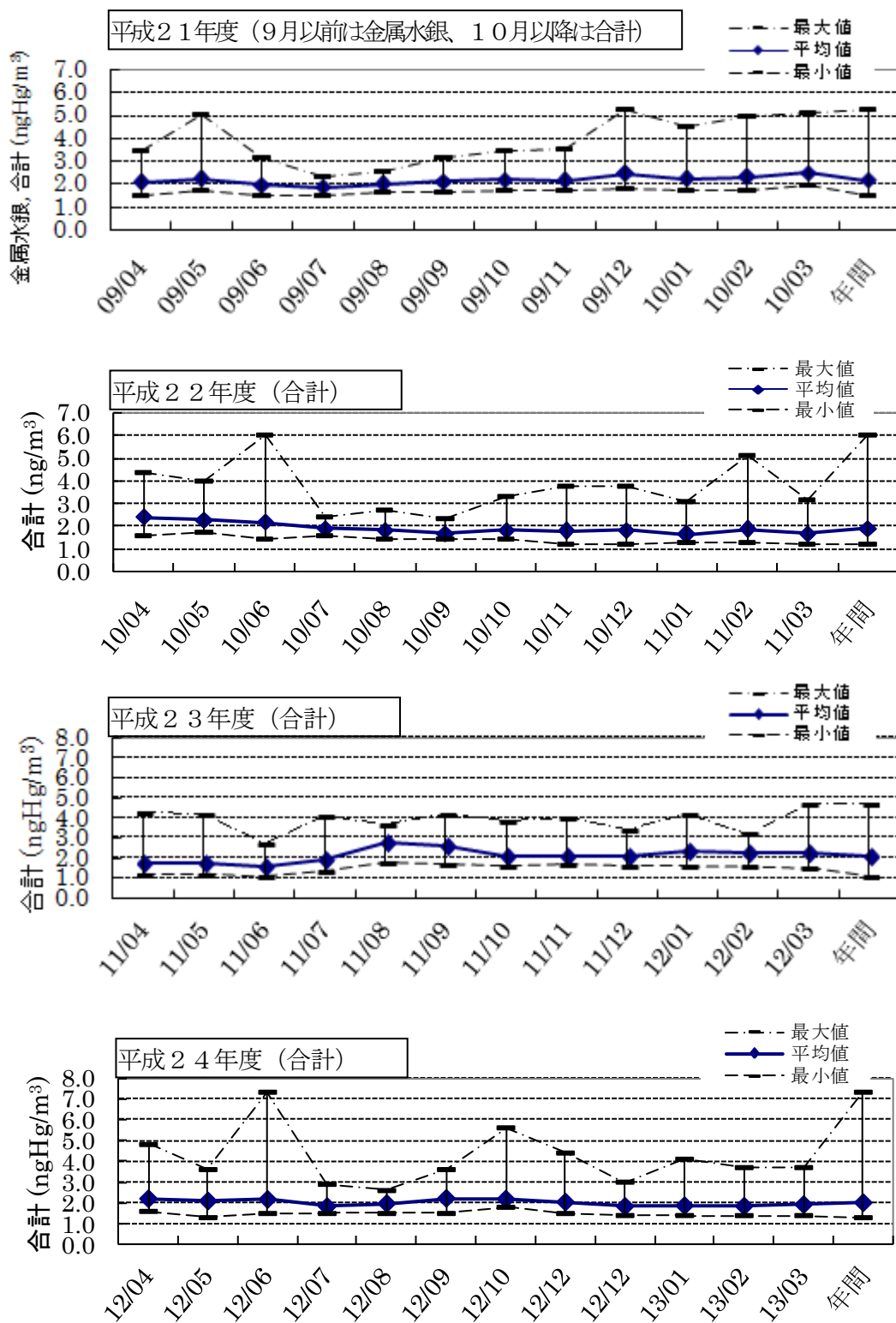


図4 大気中水銀濃度の過年度調査結果(月別平均値、範囲)

※平成25年度の結果は、図2参照。

(2) 降水中の水銀濃度

週 1 回の頻度で連続採取した降水を回収し、降水中の水銀濃度を測定するとともに、水銀濃度と降水量の積として湿性沈着量(降水によって地上にもたらされた水銀量)を求めた。測定結果の概要は以下のとおり。

1) 平成 25 年度の調査結果の概要

- 降水中の水銀濃度の年平均値は 2.2ng/L、測定値の範囲は 0.5~12.3ng/L であった。降水中の水銀については指針値等が設定されていないが、参考として、これらの測定値を、水銀に関する水道水の水質基準値である 0.0005mg/L (500ng/L) と比較すると、非常に低い値だった。(図 5、図 6)
- 水銀の湿性沈着量は週毎の平均値で 67ng/m² (0.07μg/m²) であり、年間沈着量は約 3.4μg/m² であった。湿性沈着量については、比較できる基準値等はないが、国内 10 カ所の観測例(学术论文での報告^{*})によると、湿性沈着量は年間 5.8~18μg/m² (平均 14μg/m²) であり、これらの値と比較して、本調査の結果は低い傾向にあった。

なお、降水中の水銀は、大気中の酸化態水銀及び粒子状水銀が降水に取り込まれたものが主と考えられる。このため、大気中の形態別水銀濃度の測定は、水銀の沈着量をより正しく理解するためにも重要である。

^{*}Estimating contribution of precipitation scavenging of atmospheric particulate mercury to mercury wet deposition in Japan, Masahiro Sakata and Kazuo Asakura, Atmospheric Environment Volume 41, Issue 8, March 2007, Pages 1669–1680.

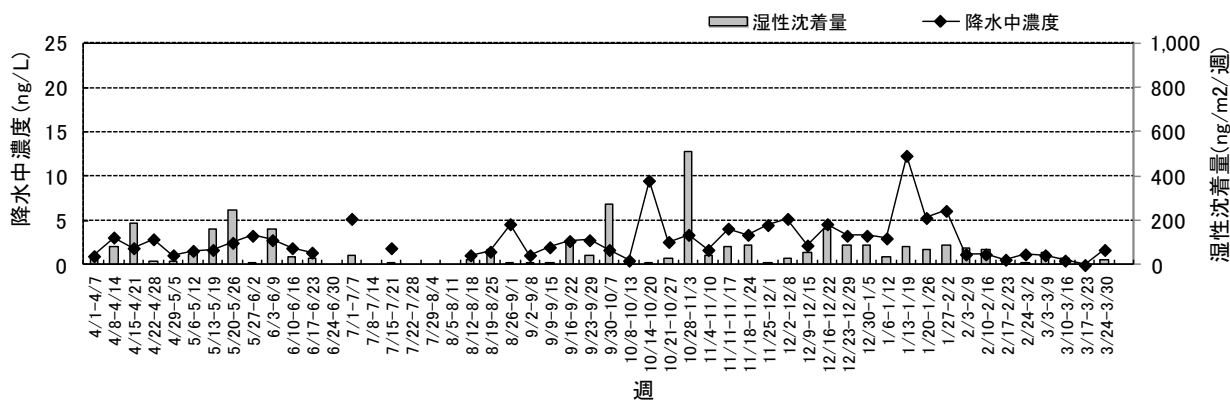


図 5 水銀の降水中濃度及び湿性沈着量 (平成 25 年度)

表6 降水中水銀測定の結果（平成25年度）

月・週	採取期間	降水中水銀濃度(ng/L)	水銀沈着量(ng/m ² /週)	(参考)		備考
				採水量(L/週)	降水量換算(mm/週)	
4月1週	4/1-4/7	1.0	43	0.8	43	
4月2週	4/8-4/14	3.1	84	0.5	27	
4月3週	4/15-4/21	1.9	189	1.9	99	
4月4週	4/22-4/28	2.9	14	0.1	5	
5月1週	4/29-5/5	1.1	17	0.3	15	
5月2週	5/6-5/12	1.6	52	0.6	33	
5月3週	5/13-5/19	1.7	160	1.8	94	
5月4週	5/20-5/26	2.5	248	1.9	99	
6月1週	5/27-6/2	3.3	5	0.0	2	
6月2週	6/3-6/9	2.8	162	1.1	58	
6月3週	6/10-6/16	1.9	34	0.3	18	
6月4週	6/17-6/23	1.4	30	0.4	21	
6月5週	6/24-6/30	-	0	0.0	0	
7月1週	7/1-7/7	5.2	40	0.1	8	
7月2週	7/8-7/14	-	0	0.0	0	
7月3週	7/15-7/21	1.9	10	0.1	5	
7月4週	7/22-7/28	-	0	0.0	0	
8月1週	7/29-8/4	-	0	0.0	0	
8月2週	8/5-8/11	-	0	0.0	0	
8月3週	8/12-8/18	1.1	21	0.4	19	
8月4週	8/19-8/25	1.5	68	0.8	45	
9月1週	8/26-9/1	4.6	4	0.0	1	
9月2週	9/2-9/8	1.1	13	0.2	12	
9月3週	9/9-9/15	2.0	8	0.1	4	
9月4週	9/16-9/22	2.7	109	0.8	40	
9月5週	9/23-9/29	2.8	45	0.3	16	
10月1週	9/30-10/7	1.7	276	3.0	162	
10月2週	10/8-10/13	0.5	5	0.2	10	
10月3週	10/14-10/20	9.5	8	0.0	1	
10月4週	10/21-10/27	2.6	31	0.2	12	
11月1週	10/28-11/3	3.4	511	2.8	150	
11月2週	11/4-11/10	1.7	46	0.5	27	
11月3週	11/11-11/17	4.1	84	0.4	20	
11月4週	11/18-11/24	3.4	91	0.5	27	
12月1週	11/25-12/1	4.5	11	0.0	2	
12月2週	12/2-12/8	5.2	28	0.1	5	
12月3週	12/9-12/15	2.2	59	0.5	27	
12月4週	12/16-12/22	4.6	163	0.7	35	
12月5週	12/23-1/5	3.3	173	1.0	52	2週間値
1月1週	1/6-1/12	3.0	36	0.2	12	
1月3週	1/13-1/19	12.3	83	0.1	7	
1月4週	1/20-1/26	5.3	71	0.3	13	
2月1週	1/27-2/2	6.1	90	0.3	15	
2月2週	2/3-2/9	1.2	74	1.2	62	
2月3週	2/10-2/16	1.2	69	1.1	58	
2月4週	2/17-2/23	0.6	14	0.4	23	
3月1週	2/24-3/2	1.2	10	0.2	8	
3月2週	3/3-3/9	1.1	53	0.9	48	
3月3週	3/10-3/16	0.5	31	1.2	62	
3月4週	3/17-3/23	-	0	0.0	0	
3月5週	3/24-3/30	1.7	22	0.2	13	
全期間	平均値	2.2	67	0.6	30	単純平均濃度 2.9ng/L 年間沈着量 3.4μg/m ² /年
	最小値	0.5	0	0.0	0	
	最大値	12.3	511	3.0	162	

2) 平成25年度と過年度の傾向の比較

- ・平成25年度の降水中水銀濃度の年平均値は、平成24年度の調査結果と同程度で推移した。(表7、図6)

表7 降水中水銀濃度及び湿性沈着量の期間平均値及び範囲

調査時期	水銀濃度(ng/L)			湿性沈着量(ng/m ² /週)		
	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値
平成20年度	3.4	0.4	15.7	122	0	864
平成21年度	3.1	0.7	17.5	120	0	589
平成22年度	2.4	0.9	11.9	105	0	760
平成23年度	3.0	0.6	10.9	83	0	1,205
平成24年度	1.9	0.7	10.1	75	0	384
平成25年度	2.2	0.5	12.3	67	0	511

(3) その他

- ・本資料では、大気中の水銀については年・月ごとの統計値、降水中水銀については1週間値及び年・月ごとの統計値をとりまとめ公表しているが、研究目的等で、個別の測定データ(表1参照)の提供を希望する場合の問い合わせ先は以下のとおり。

<問い合わせ先>

環境省総合環境政策局環境保健部環境安全課

TEL : 03-3581-3351 (内線 6355)

E-mail : ehs@env.go.jp

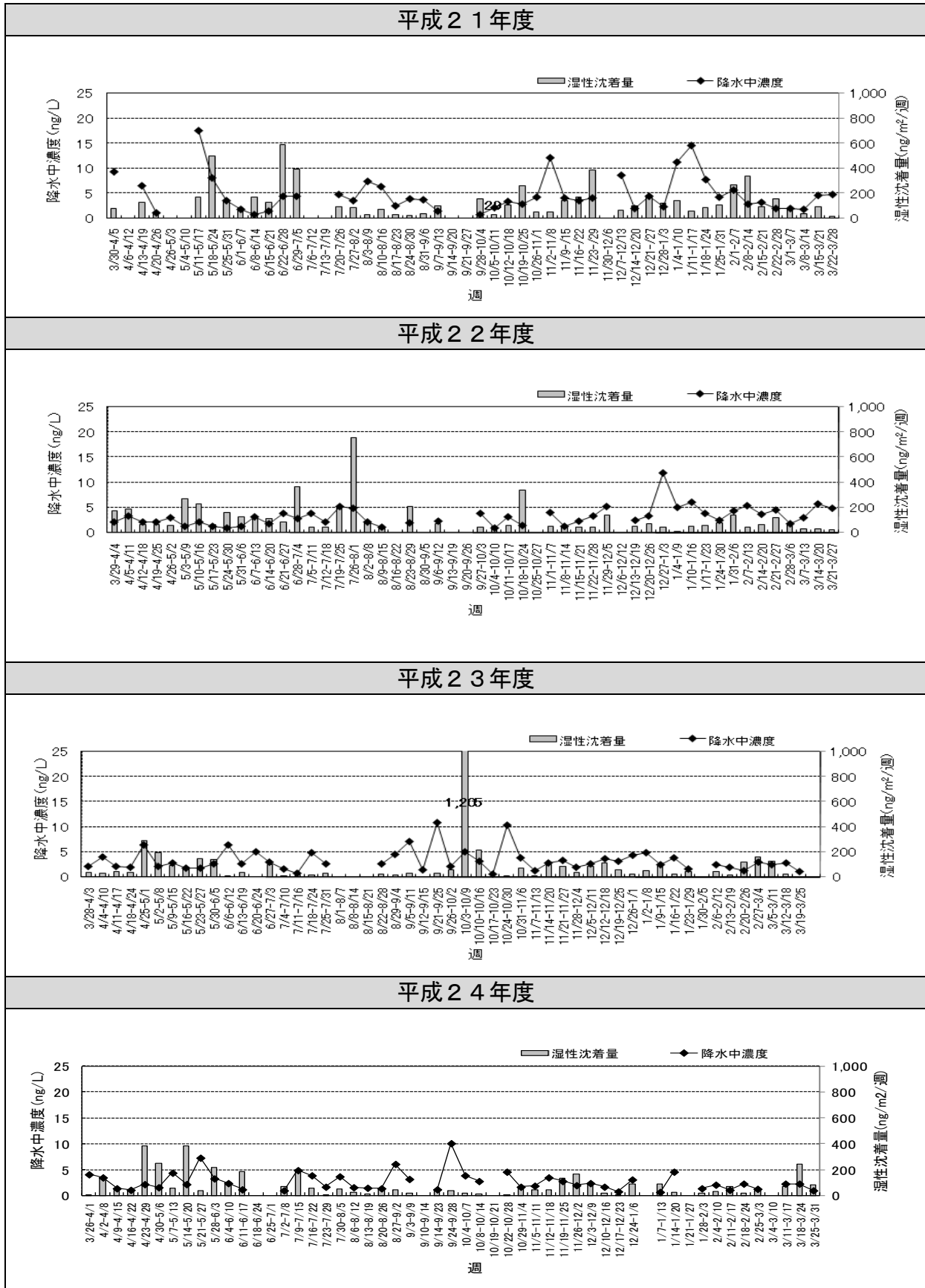


図 6 降水水中水銀濃度等の過年度の調査結果

4. 今後の対応

○モニタリング調査の継続等について

- ・ 国際的な水銀の排出状況及び濃度レベルの推移、それらが我が国の環境に及ぼす影響の把握等に資するため、今後も継続的にモニタリング調査を実施する。
- ・ 調査結果は、専門家の確認を得た上で、今後も定期的に公表する予定である。

○大気中形態別水銀濃度の測定結果に係る検討・解析について

- ・ 今年度実施した大気中形態別水銀の測定結果に係る解析・検討については、以下の項目等について、来年度以降も引き続き実施予定である。
 - －大気中水銀濃度と気象要因との関係
 - －大気中水銀濃度と到達する大気の由来・輸送経路との関係
 - －大気中水銀濃度と金属類の濃度との関係
 - －大気中水銀濃度と発生源との関係 等
- ・ 検討・解析の結果については、専門家により一定の信頼性が確保されたと判断され、とりまとめられた時点で、公表を行う予定である。

○国際貢献等について

- ・ 本モニタリング調査のデータは、アジア太平洋地域における大気中の水銀の状況についての基礎資料として国際的に重要であり、将来的には水銀に関する水俣条約の有効性評価にも資することから、UNEP 世界水銀パートナーシップ・プログラム等の国際的な取組への参加も含め、広く国内外へのデータの提供や結果報告を行う予定である。
- ・ 本モニタリング調査において、測定精度確保等のために蓄積された技術的な知見についても、国際的に広く共有を図ることとしている。
- ・ これらの取組により、大気経由での水銀の広域輸送等に関する国際的な知見の収集や、それらに基づく国際的な取組に、積極的に貢献することとしている。

(参考1) 平成24年度有害大気汚染物質モニタリング調査結果と本調査の結果の比較

環境省では、大気汚染防止法第22条に基づき、地方公共団体が実施した有害大気汚染物質の大気環境モニタリング（有害大気汚染物質モニタリング調査）の結果を取りまとめ公表している。同調査における平成24年度の水銀及びその化合物についての調査結果と、本モニタリング調査における形態別水銀濃度の合計を比較した表を以下に示す。本調査の結果は、有害大気汚染物質モニタリング調査結果における水銀及びその化合物の年平均値と、概ね同程度だった。

参考表1 有害大気汚染物質モニタリング調査結果との比較

区分	調査項目	年度	年平均値	備考
本調査	形態別水銀濃度の合計	平成25年度	1.7 ngHg/m ³	—
		平成24年度	2.0 ngHg/m ³	—
		平成23年度	2.1 ngHg/m ³	—
有害大気汚染物質モニタリング調査	水銀及びその化合物	平成24年度	2.1 ngHg/m ³	・全270測定地点の平均値 ・指針値超過地点なし
		平成23年度	2.1 ngHg/m ³	・全261測定地点の平均値 ・指針値超過地点なし
大気汚染防止法における指針値			40 ngHg/m ³	

※大気汚染防止法に基づく平成24年度の有害大気汚染物質モニタリング調査結果の詳細については、環境省水・大気環境局の報道発表（平成26年3月28日）参照（下記）

<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=17958>

※大気汚染防止法に基づく有害大気汚染物質モニタリング調査における水銀濃度のモニタリングと本調査では測定方法が異なります（参考3参照）。

(参考2) 大気中粒子状物質における水銀以外の金属元素の測定結果について

本調査では、水銀の発生源・挙動等を解析するための指標として、平成19年度より、大気中の粒子状物質に含まれる、又は吸着したニッケル、ヒ素、鉛、カドミウム等、金属元素の濃度についても測定を実施している。これらの測定結果については、水銀の大気中濃度等との相関関係を分析する等の発生源解析等に活用することを検討中である。測定及び測定結果の概要は以下の通り。

○調査項目、調査方法等

参考表2に示すとおり、ローボリュームエアサンプラーにより試料を採取し、「有害大気汚染物質測定方法マニュアル」（平成23年3月 環境省）に基づき、誘導結合プラズマ質量分析装置（ICP/MS）により室内分析を行った。

参考表2 調査項目、調査方法及び頻度

調査項目	調査方法	測定頻度
粒子状物質中の、カドミウム、銅、亜鉛、ヒ素、クロム、バナジウム、ニッケル等の濃度 (参考表3及び4参照)	ローボリュームエアサンプラーにより試料を採取し、「有害大気汚染物質測定方法マニュアル」（平成23年3月 環境省）に基づき、ICP/MSにより室内分析	週1回測定（7日間連続サンプリング）

○調査結果の概要

・指針値が設定されている物質（ニッケル及びヒ素）

平成24年度の粒子状物質中のニッケル濃度の測定結果の年平均値は1.8 ngNi/m³、ヒ素濃度については年平均値0.97 ngAs/m³だった。また、年間の最大濃度値はそれぞれ5.5ng/m³、3.6ng/m³であり、どちらの物質も大気汚染防止法に基づく指針値（ニッケル：25 ngNi/m³、ヒ素：6 ngAs/m³）を常に下回っていた。

また、年平均の濃度レベルは、昨年度の測定結果と比較して、ニッケルはやや高く、ヒ素は同程度で推移していた（参考表3）。

参考表3 粒子状物質中のニッケル及びヒ素濃度の測定結果（平成21～25年度）

(単位：ng/m³)

項目	平成25年度		過年度							
			平成21年度		平成22年度		平成23年度		平成24年度	
	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大
ニッケル(Ni)	1.8	5.5	0.87	5.9	0.95	3.7	0.99	4.0	1.1	3.7
ヒ素(As)	0.97	3.6	0.85	4.1	0.83	3.9	0.76	2.4	0.98	3.1

注) 上記のデータは、測定値の平均値及び最大値を表している。

・ 指針値が設定されていない物質

平成25年度の結果では、季節による測定値の変動等が観測されたものの、年平均の濃度レベルは過年度と比較して総じて横ばいで推移していた（参考表4）。

参考表4 粒子状物質中の金属元素類の測定結果の概要（平成21～25年度）

（単位：ng/m³）

項目	平成25年度		過年度							
			平成21年度		平成22年度		平成23年度		平成24年度	
	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大
ベリリウム(Be)	0.0084	0.053	0.014	0.24	0.0099	0.14	0.0073	0.047	0.012	0.10
バナジウム(V)	1.7	3.7	1.7	14	1.4	7.9	1.5	3.8	1.7	6.0
クロム(Cr)	1.2	3.6	1.1	7.4	1.1	5.9	0.87	7.0	1.3	5.2
マンガン(Mn)	4.9	26	6.7	92	5.5	48	4.6	23	74	49
コバルト(Co)	0.11	0.54	0.16	1.8	0.19	1.1	0.22	1.0	0.27	2.3
銅(Cu)	1.7	5.0	1.1	6.3	1.20	5.3	1.0	3.2	1.6	6.5
亜鉛(Zn)	18	59	11	42	14	50	13	46	17	53
セレン(Se)	0.67	2.4	0.53	1.2	0.51	1.5	0.52	1.3	0.69	1.8
カドミウム(Cd)	0.19	0.98	0.17	0.62	0.16	0.68	0.12	0.42	0.17	0.51
スズ(Sn)	0.3	1.3	0.25	1.0	0.26	1.2	0.21	0.77	0.27	0.80
アンチモン(Sb)	0.31	1.2	0.26	0.87	0.24	0.94	0.20	0.61	0.25	0.80
テルル(Te)	0.022	0.072	0.015	0.041	0.016	0.051	0.016	0.057	0.021	0.053
バリウム(Ba)	2.5	14	3.0	40	2.7	26	1.9	10	3.0	22
タリウム(Tl)	0.057	0.24	0.049	0.17	0.048	0.18	0.038	0.18	0.058	0.17
鉛(Pb)	6.7	28	5.2	16	5.7	22	5.0	19	7.2	24
ナトリウム(Na)	4,900	11,000	3,500	7,200	3,600	8,200	4,600	8,600	4,900	11,000
マグネシウム(Mg)	300	630	220	860	280	910	310	620	340	1,000
アルミニウム(Al)	170	960	270	3,400	220	2,900	170	1,200	270	2,800
カリウム(K)	340	710	330	2,700	300	1,800	280	820	370	1,200
カルシウム(Ca)	320	1,000	240	1,800	250	1,600	270	860	360	1,900
鉄(Fe)	170	960	240	4,100	170	1,900	150	910	240	1,900
粉じん量	31,000	56,000	33,000	150,000	28,000	110,000	31,000	65,000	37,000	81,000

注) 上記のデータは、各項目の測定値の平均値及び最大値を表している。

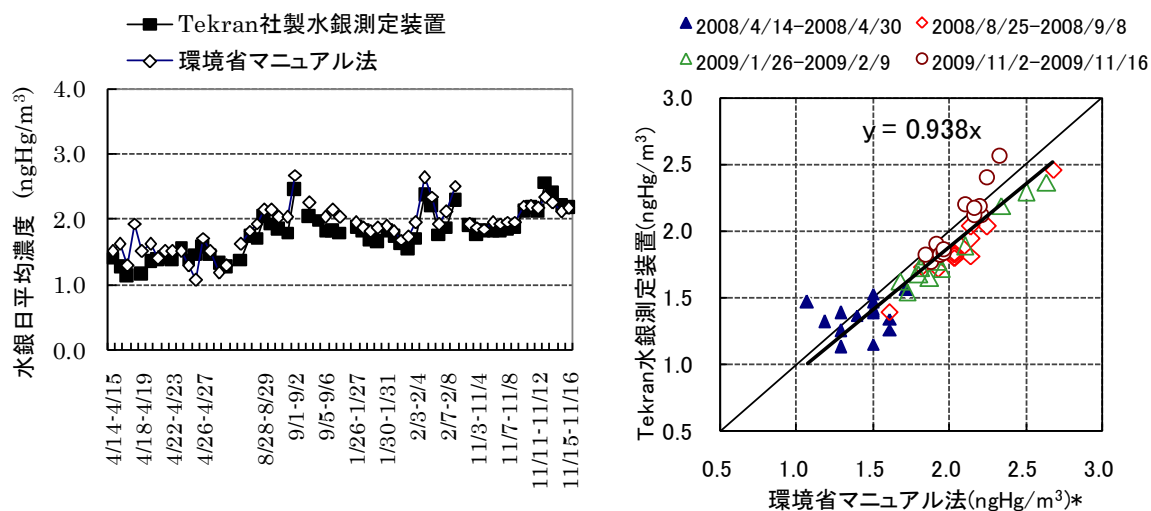
(参考3) 有害大気汚染物質測定方法マニュアルによる測定と本調査の方法による測定結果の比較

本調査で用いた Tekran 社製の連続測定装置を用いた測定は、国内では事例がほとんどないことから、測定値の精度を確認するため、水銀濃度の大部分を占める金属水銀について、「有害大気汚染物質測定方法マニュアル」（平成23年3月、環境省）

（以下、「環境省マニュアル法」と言う。）による水銀濃度の測定との並行試験を実施し、測定結果を比較した。並行試験は、本資料2.（1）の測定地点において、平成20～21年（2008～2009年）にかけて、各2週間程度、計4回行った。

それぞれの測定方法で得られた水銀濃度の日平均値^{*}を比較したところ、連続測定装置による測定結果は、環境省マニュアル法に基づく測定の結果と測定値がほぼ一致していることを確認した。（参考図1）

※Tekran 社製装置による連続測定では、1日16回測定した測定値の平均値を表す。また、環境省マニュアル法による測定では、24時間連続サンプリング（1日1回の測定）した際の測定結果を表す。



参考図1 環境省マニュアル法に基づく測定との並行試験結果

(左) 環境省マニュアル法に基づき測定された「水銀」濃度と本調査の金属水銀濃度の測定結果の比較

(右) 上記測定結果間の相関関係