

平成28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29年9月19日
環境省大臣官房環境保健部
環境保健企画管理課水銀対策推進室
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28年度の調査結果の概要
 - 2) 平成28年度と過年度の傾向の比較
- (2) 降水中の水銀濃度
 - 1) 平成28年度の調査結果の概要
 - 2) 平成28年度と過年度の傾向の比較
- (3) 大気中の粒子状物質中の水銀以外の金属濃度の測定
 - 1) 平成28年度の調査結果の概要
 - 2) 平成28年度と過年度の傾向の比較
- (4) まとめ
- (5) その他

4. 今後の対応

- (参考1) 平成27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) 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
- (参考3) 降水中水銀分析手順の違いによる測定結果の検討

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による環境汚染に関連する国際的な活動を進めており、平成 25 年 10 月には熊本・水俣で開催された水銀に関する水俣条約外交会議において、水銀に関する水俣条約が採択された。我が国においては、「水銀による環境の汚染の防止に関する法律」及び「大気汚染防止法の一部を改正する法律」が平成 27 年 6 月に公布され、昨年 2 月に水俣条約を締結した。水俣条約は今年 5 月 18 日に締約国が 50 か国に到達し、8 月 16 日に発効したところである。

こうした動向等を踏まえ、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）である沖縄県辺戸岬において、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）。

さらに、北日本における水銀バックグラウンド濃度を測定するため、平成 26 年 8 月から、秋田県の男鹿半島においてモニタリング調査を新たに開始した。

本調査結果は、平成 28 年度の辺戸岬と男鹿半島における調査結果を、辺戸岬における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

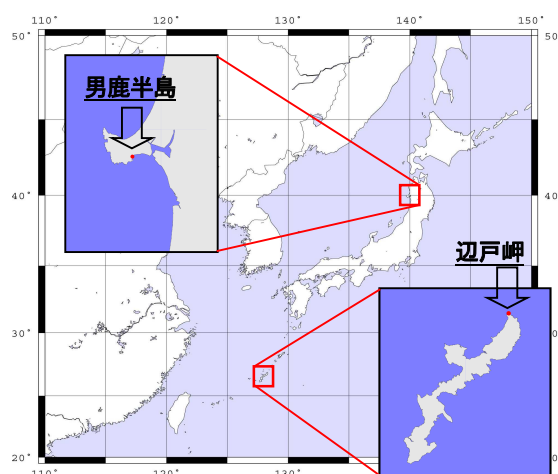
（1）調査地点

- ・沖縄県：辺戸岬

国立研究開発法人 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大字宜名真字長根原 1000）

- ・秋田県：男鹿半島

秋田県 大気汚染常時監視測定局 船川測定局 隣接地
（秋田県男鹿市船川港船川字泉台 3-2）



(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 2 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	測定地点
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）	辺戸岬・男鹿半島
		酸化態水銀		連続測定（8 回/日）	
	粒子状水銀				
	粒子状物質中の水銀以外の金属元素（ニッケル、ヒ素、マンガン、鉛、カドミウム、クロム等有害 17 成分、指標 6 成分）の濃度		ローボリュウ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 により分析	週 1 回測定（7 日間連続サンプリング）	辺戸岬
降水成分	降水中的水銀濃度		降水捕集装置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）	辺戸岬・男鹿半島

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	0.1～10,000 (ngHg/m ³)
検出限界	0.1 (ngHg/m ³) (7.5L サンプル)
流量	0.5～1.5 (L/min)
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。

平成 27 年度の有害金属モニタリング調査検討会において、分析手順における一塩化臭素の試料への添加タイミングが降水中水銀濃度の測定値に影響する可能性が指摘された。確認のため、平成 28 年 2 月から平成 29 年 2 月までの 1 年間、一塩化臭素添加のタイミングの異なる 2 つの手順による測定値の比較観測を実施した。（結果は「参考 3」参照。）比較観測結果を検討会に諮り、より真値に近い値が得られていると考えられる新しい手順を平成 28 年度以降採用することとした。分析手順が変更されることにより、平成 27 年度までと平成 28 年度以降とで統計的に不連続となることに留意が必要である。

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) 大気中の粒子状物質中の水銀以外の金属濃度の測定

本調査では、大気中水銀濃度や降水中水銀濃度の変化傾向を確認するための指標として、大気中粒子状物質中の水銀以外の金属類等の測定を行った。（表 1）

ローボリュームエアサンプラーを用いて大気中の粒子状物質を採取し、「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 により分析を行った。試料の採取時間は 7 日間連続とし、1 回/週の頻度でフィルター交換を実施した。

(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（国立研究開発法人 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 28 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
河本 和明	長崎大学 大学院 水産・環境科学総合研究科 教授
柴田 康行	国立研究開発法人 国立環境研究所 環境計測研究センター フェロー（※委員長）
鈴木 規之	国立研究開発法人 国立環境研究所 環境リスク・健康研究センター センター長
高見 昭憲	国立研究開発法人 国立環境研究所 地域環境研究センター 副センター長
福崎 紀夫	新潟工科大学 環境科学科 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 室長
溝畑 朗	大阪府立大学 名誉教授

3. 調査結果の概要

（1）大気中水銀濃度

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) 辺戸岬における平成 28 年度の調査結果の概要

- ・大気中の形態別水銀濃度の合計の年平均値は 1.7 ngHg/m³、月平均値の範囲は 1.6～1.8 ngHg/m³、1 時間毎の測定値の範囲は 1.2～3.5 ngHg/m³であった。環境中の有害大気汚染物質による健康リスクの低減を図るための指針となる数値（指針値。年平均値 40 ngHg/m³）を十分下回る値であった（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 %未満であったが、酸化態水銀濃度が高い時（0.046 ngHg/m³を記録した時）は 3 %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）。
- ・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 27 年度の一般環境の水銀濃度（全国平均で 1.9 ngHg/m³）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 2 参照）

表3 辺戸岬における大気中水銀濃度の測定結果（平成28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	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8	1.7
	標準偏差	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3
	最小値	1.4	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.3	1.4	1.2	1.2
	最大値	3.2	3.3	3.5	2.7	2.1	2.1	2.6	2.6	3.4	2.8	3.3	2.8	3.5
	中央値	1.8	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.6	1.7	1.7	1.6
酸化態水銀 (②) (ngHg/m ³)	平均値	<0.001	0.002	0.002	0.003	0.004	0.001	<0.001	0.001	0.002	0.002	<0.001	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	0.009	0.019	0.012	0.046	0.028	0.006	0.008	0.008	0.007	0.011	0.005	0.007	0.046
	中央値	<0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.001	<0.001	0.001	0.001
	75%値	<0.001	0.002	0.002	0.004	0.005	0.002	<0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.003	0.002
	検出率(%)	24.8	53.1	78.7	73.5	76.1	55.2	15.1	43.8	87.6	59.3	29.7	57.1	56.5
粒子状水銀 (③) (ngHg/m ³)	平均値	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.004	0.005	0.002	0.002	0.004	0.003
	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	0.013	0.008	0.006	0.007	0.008	0.013	0.019	0.012	0.030	0.013	0.011	0.015	0.030
	中央値	<0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.003	0.003	0.002	0.001	0.003	0.002
	75%値	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.003	0.002	0.006	0.006	0.003	0.003	0.005	0.003
	検出率(%)	44.1	62.9	63.5	71.5	77.5	60.8	70.6	95.3	100.0	86.0	52.4	89.6	74.9
合計 (ngHg/m ³)	平均値	1.8	1.8	1.7	1.6	1.6	1.6	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7
	標準偏差	0.3	0.4	0.4	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3
	最小値	1.4	1.3	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.3	1.4	1.2	1.2
	最大値	3.2	3.3	3.5	2.7	2.1	2.0	2.6	2.6	3.4	2.8	3.3	2.8	3.5
	中央値	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.7	1.6	1.7	1.7	1.6	1.7	1.7	1.6
月平均値の 構成比 (%)	①	99.9	99.8	99.8	99.7	99.7	99.8	99.8	99.7	99.6	99.8	99.8	99.7	99.8
	②	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1
	③	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.1	0.1	0.2	0.1

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) 1 ng（ナノグラム）は10億分の1 g（グラム）にあたる。

注3) 測定の検出限界は金属水銀 0.1 ngHg/m³、酸化態水銀及び粒子状水銀 0.001 ngHg/m³であり、「<」は検出限界未満を示す。平均値の算出にあたり、検出限界未満の数値については検出限界の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、検出限界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（検出限界以上の測定値の割合）を示した。

注4) 金属水銀の統計値は、金属水銀の測定値全てを用いて求めており、酸化態水銀・粒子状水銀が欠測の際の測定値も含めて計算している。一方、合計値（総水銀）は、金属水銀、酸化態水銀、粒子状水銀の全てが揃った時間の測定値を用いて求めている。そのため、金属水銀の統計値と合計の統計値の大きさが整合しないことがある。

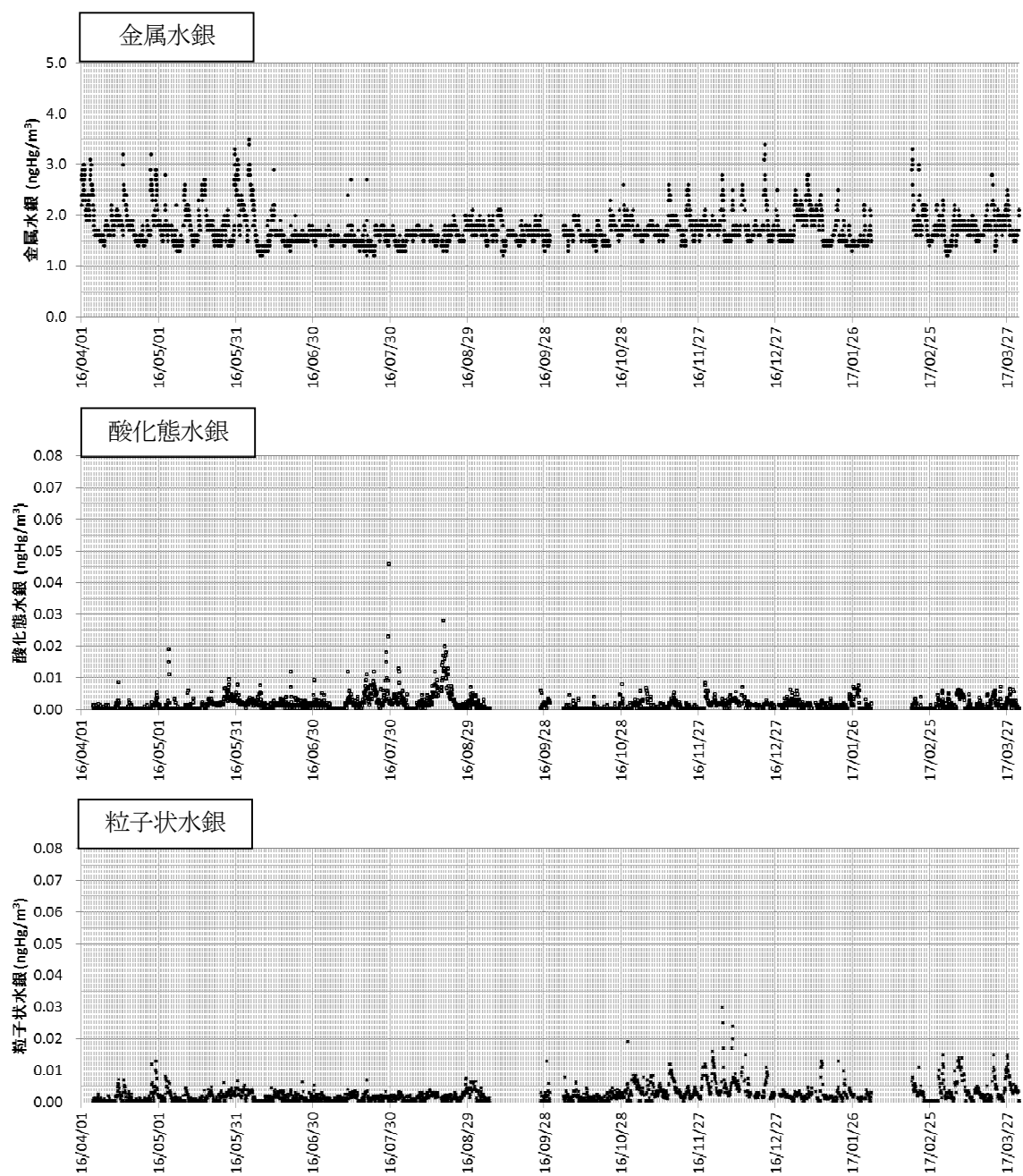
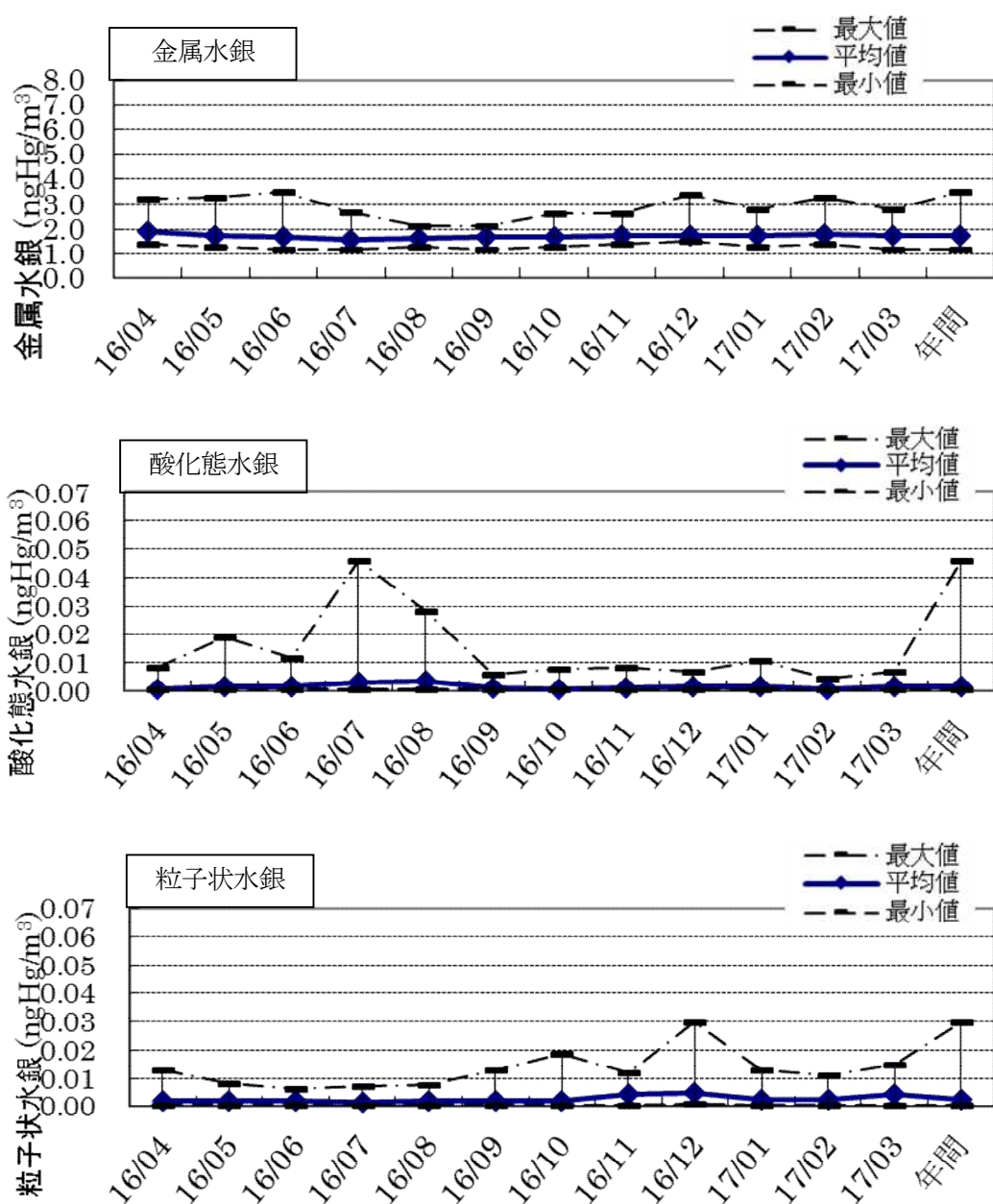


図1 辺戸岬における大気中形態別水銀濃度の測定結果（平成28年度）



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。

図2 辺戸岬における大気中形態別水銀濃度の測定結果（月平均値等）（平成28年度）

2) 辺戸岬における平成 28 年度と過年度の傾向の比較

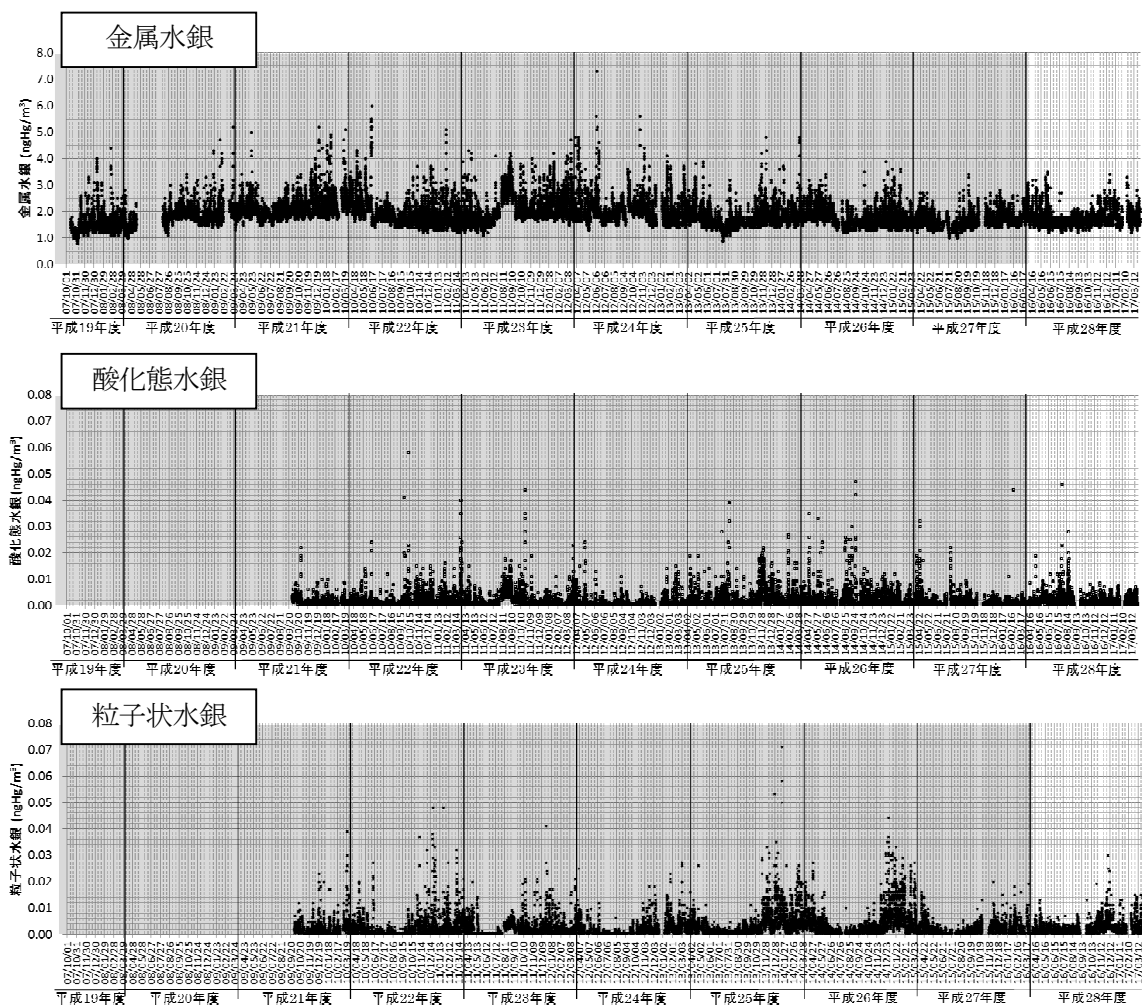
- ・平成 28 年度の形態別水銀の合計の濃度及び形態別の水銀濃度の年平均値は、概ね横ばいで推移したが、過年度の調査結果（合計又は金属水銀の濃度について年平均値で 2 ngHg/m³ 前後）と比較して、昨年度、一昨年度に引き続きやや低い値となった（図 3、表 4、表 5）。
- ・過年度の調査結果も含めて、測定値は、環境中の有害大気汚染物質による健康リスクの低減を図るための指針となる数値（指針値。年平均値 40 ngHg/m³）を常に下回っていた（図 3、表 5）。
- ・なお、平成 21 年度までは試行調査段階であるため、調査日数が異なる等、調査結果の年度間の比較には注意が必要である。

表 4 辺戸岬における大気中水銀濃度の年度別調査結果の概要

調査時期	大気中水銀濃度 (ngHg/m ³)			調査日数
	平均値	最小値	最大値	
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
平成 26 年度	1.7	1.2	3.9	345
平成 27 年度	1.7	1.0	3.4	313
平成 28 年度	1.7	1.2	3.5	344

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）



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。

図3 辺戸岬における大気中形態別水銀濃度の測定結果の経年変化

表 5(1) 辺戸岬における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

表 5(2) 辺戸岬における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 25 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	1.9	2.1	2.0	1.7	1.5	1.6	1.6	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6	1.7
標準偏差	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	0.3
最小値	1.5	1.5	1.5	1.3	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2
最大値	3.2	3.0	3.4	2.6	2.4	2.2	3.5	2.5	3.9	3.6	3.6	2.5	3.9
中央値	1.8	2.0	1.9	1.7	1.4	1.5	1.6	1.5	1.6	1.6	1.6	1.5	1.7

平成 26 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	1.9	2.1	2.0	1.7	1.5	1.6	1.6	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6	1.7
標準偏差	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	0.3
最小値	1.5	1.5	1.5	1.3	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2
最大値	3.2	3.0	3.4	2.6	2.4	2.2	3.5	2.5	3.9	3.6	3.6	2.5	3.9
中央値	1.8	2.0	1.9	1.7	1.4	1.5	1.6	1.5	1.6	1.6	1.6	1.5	1.7

平成 27 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	1.7	1.7	1.5	1.6	1.4	1.7	1.6	1.8	1.7	1.8	1.7	1.7	1.7
標準偏差	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3
最小値	1.2	1.3	1.2	1.3	1.0	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.0
最大値	2.7	2.6	2.1	2.0	2.7	3.4	2.5	2.5	2.7	2.8	2.6	2.5	3.4
中央値	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.6	1.5	1.8	1.6	1.8	1.6	1.6	1.6

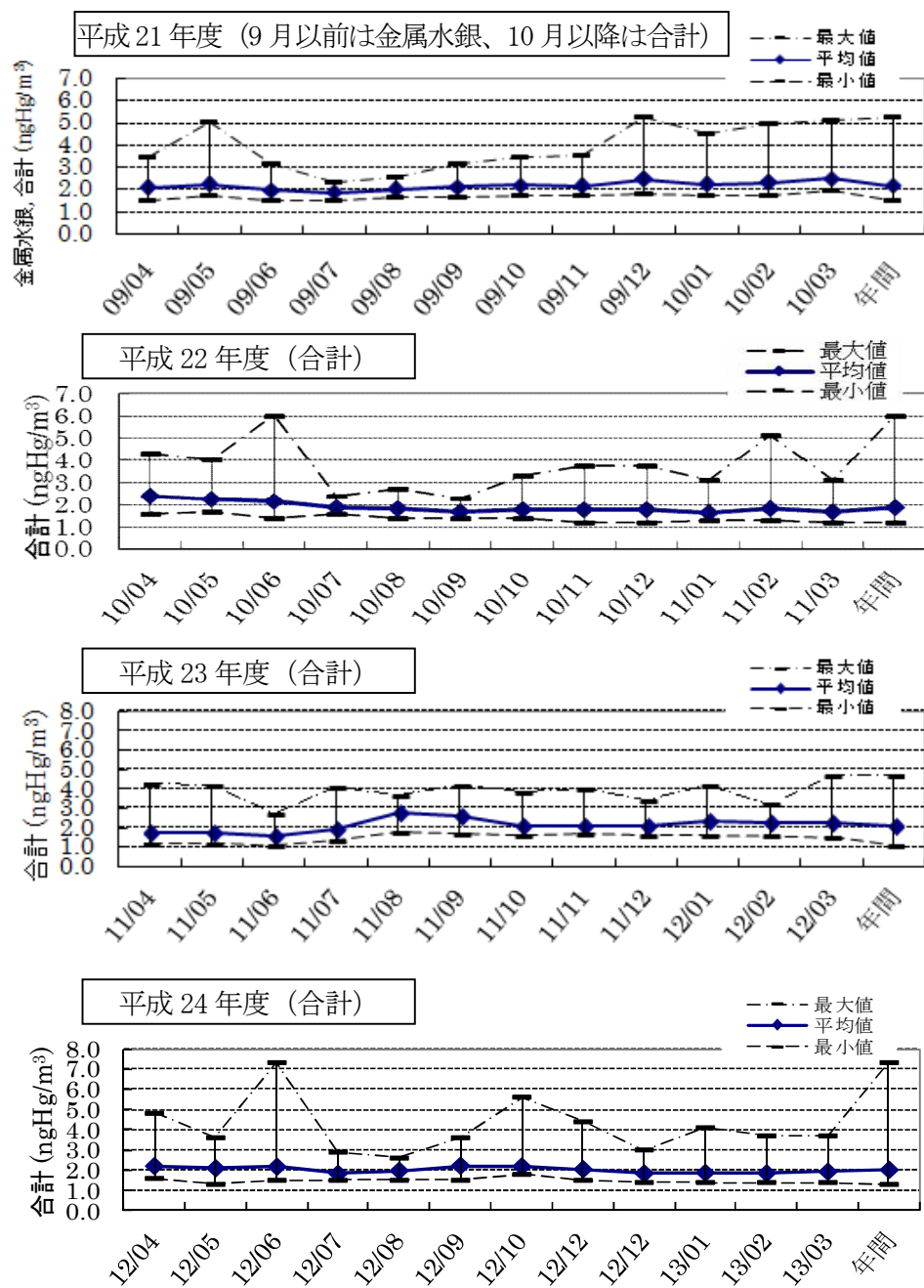


図 4(1) 辺戸岬における大気中水銀濃度の過年度調査結果(月別平均値、範囲)

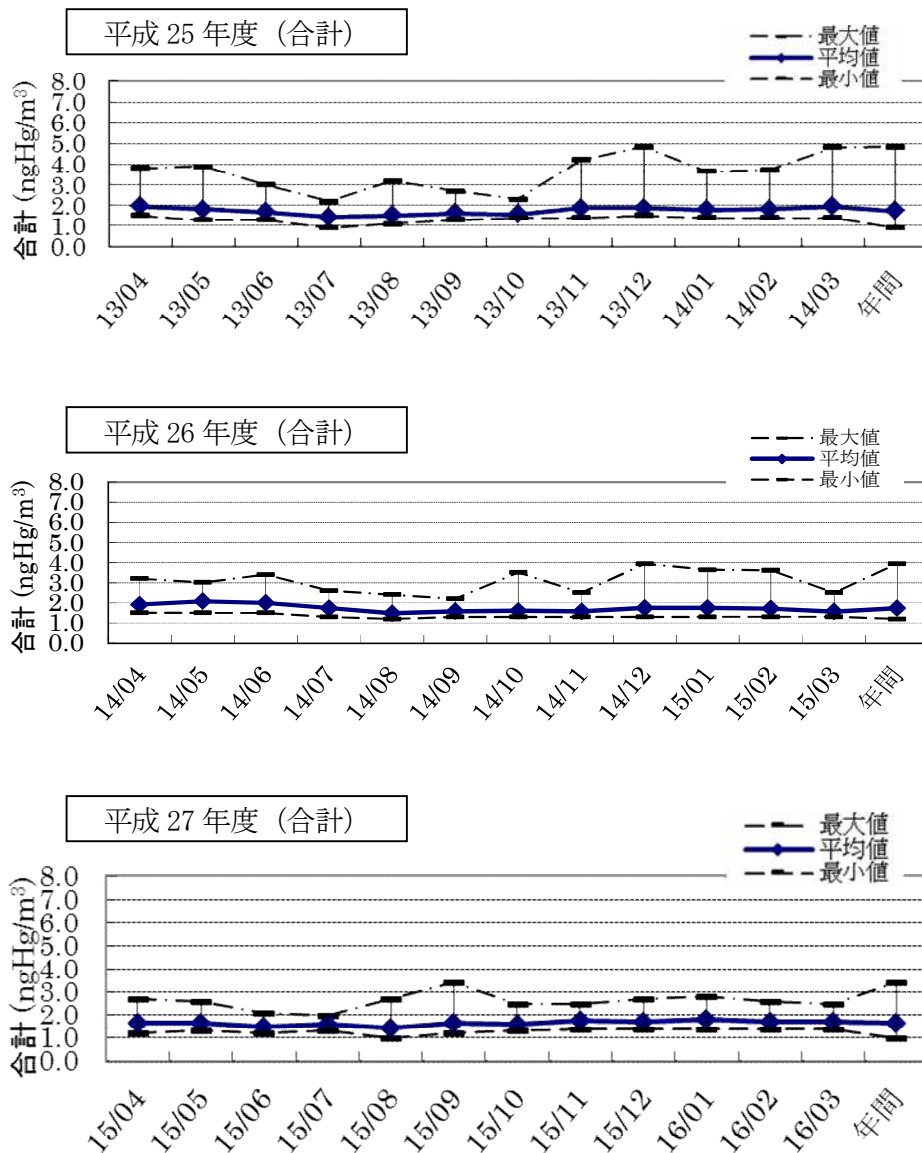


図 4(2) 辺戸岬における大気中水銀濃度の過年度調査結果(月別平均値、範囲)

3) 男鹿半島における平成 28 年度の調査結果の概要

- 大気中の形態別水銀濃度の合計の年平均値は 1.6 ngHg/m³、月平均値の範囲は 1.4～1.8 ngHg/m³、1 時間毎の測定値の範囲は 0.7～20.3 ngHg/m³であった。これらは、環境中の有害大気汚染物質による健康リスクの低減を図るための指針となる数値(指針値。年平均値 40 ngHg/m³)を十分下回る値であった(表 6、図 5)。
- 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%未満であったが、粒子状水銀濃度が高い時(0.234 ngHg/m³を記録した時)には、13%程度となった(表 6、図 5)。
- 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 5、図 6)。
- 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 27 年度の一般環境の水銀濃度(全国平均で 1.9 ngHg/m³)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)

表 6 男鹿半島における大気中水銀濃度の測定結果（平成 28 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	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6	1.5	1.4	1.6	1.8	1.6	1.6	1.6	1.6
	標準偏差	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.4	0.3	1.2	0.4	0.2	0.2	0.3	0.5
	最小値	1.1	1.1	0.7	0.9	0.8	0.8	1.0	0.8	1.2	1.3	1.4	1.3	0.7
	最大値	3.0	7.0	6.0	4.5	3.5	5.6	4.6	20.2	4.6	2.8	3.2	5.0	20.2
	中央値	1.5	1.7	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
酸化態水銀 (②) (ngHg/m ³)	平均値	0.002	0.008	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	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	0.165	0.033	0.032	0.014	0.026	0.008	0.021	0.012	0.018	0.012	0.014	0.165
	中央値	0.001	0.002	0.002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.001	0.001	<0.001
	75%値	0.002	0.007	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002
	検出率(%)	53.8	67.6	61.2	46.5	41.2	25.9	33.2	30.8	33.9	57.6	59.4	63.7	47.9
粒子状水銀 (③) (ngHg/m ³)	平均値	0.012	0.010	0.008	0.005	0.004	0.005	0.014	0.012	0.016	0.022	0.008	0.010	0.011
	最小値	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.002	<0.001	<0.001
	最大値	0.196	0.199	0.234	0.063	0.035	0.087	0.075	0.079	0.106	0.057	0.042	0.098	0.234
	中央値	0.007	0.006	0.003	0.002	0.002	0.003	0.009	0.007	0.013	0.020	0.008	0.009	0.007
	75%値	0.012	0.010	0.006	0.005	0.004	0.005	0.019	0.014	0.018	0.031	0.010	0.012	0.013
	検出率(%)	98.7	95.8	94.6	82.0	87.4	92.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.6	95.9
合計 (ngHg/m ³)	平均値	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6	1.5	1.4	1.6	1.8	1.6	1.6	1.6	1.6
	標準偏差	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.4	0.3	1.2	0.4	0.2	0.2	0.3	0.5
	最小値	1.1	1.1	0.7	0.9	0.8	0.8	1.0	0.8	1.2	1.3	1.4	1.3	0.7
	最大値	3.1	7.0	6.0	4.5	3.5	5.7	4.6	20.3	4.6	2.8	3.2	5.0	20.3
	中央値	1.5	1.7	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
月平均値の 構成比 (%)	①	99.1	99.0	99.4	99.6	99.7	99.6	98.9	99.2	99.1	98.6	99.4	99.3	99.2
	②	0.1	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	③	0.7	0.6	0.5	0.3	0.2	0.4	1.0	0.7	0.9	1.3	0.5	0.6	0.6

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) 1 ng（ナノグラム）は 10 億分の 1g（グラム）にあたる。

注 3) 測定の検出限界は金属水銀 0.1 ngHg/m³、酸化態水銀及び粒子状水銀 0.001 ngHg/m³であり、「<」は検出限界未満を示す。平均値の算出にあたり、検出限界未満の数値については検出限界の 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、検出限界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（検出限界以上の測定値の割合）を示した。

注 4) 金属水銀の統計値は、金属水銀の測定値全てを用いて求めており、酸化態水銀・粒子状水銀が欠測の際の測定値も含めて計算している。一方、合計値（総水銀）は、金属水銀、酸化態水銀、粒子状水銀の全てが揃った時間の測定値を用いて求めている。そのため、金属水銀の統計値と合計の統計値の大きさが整合しないことがある。

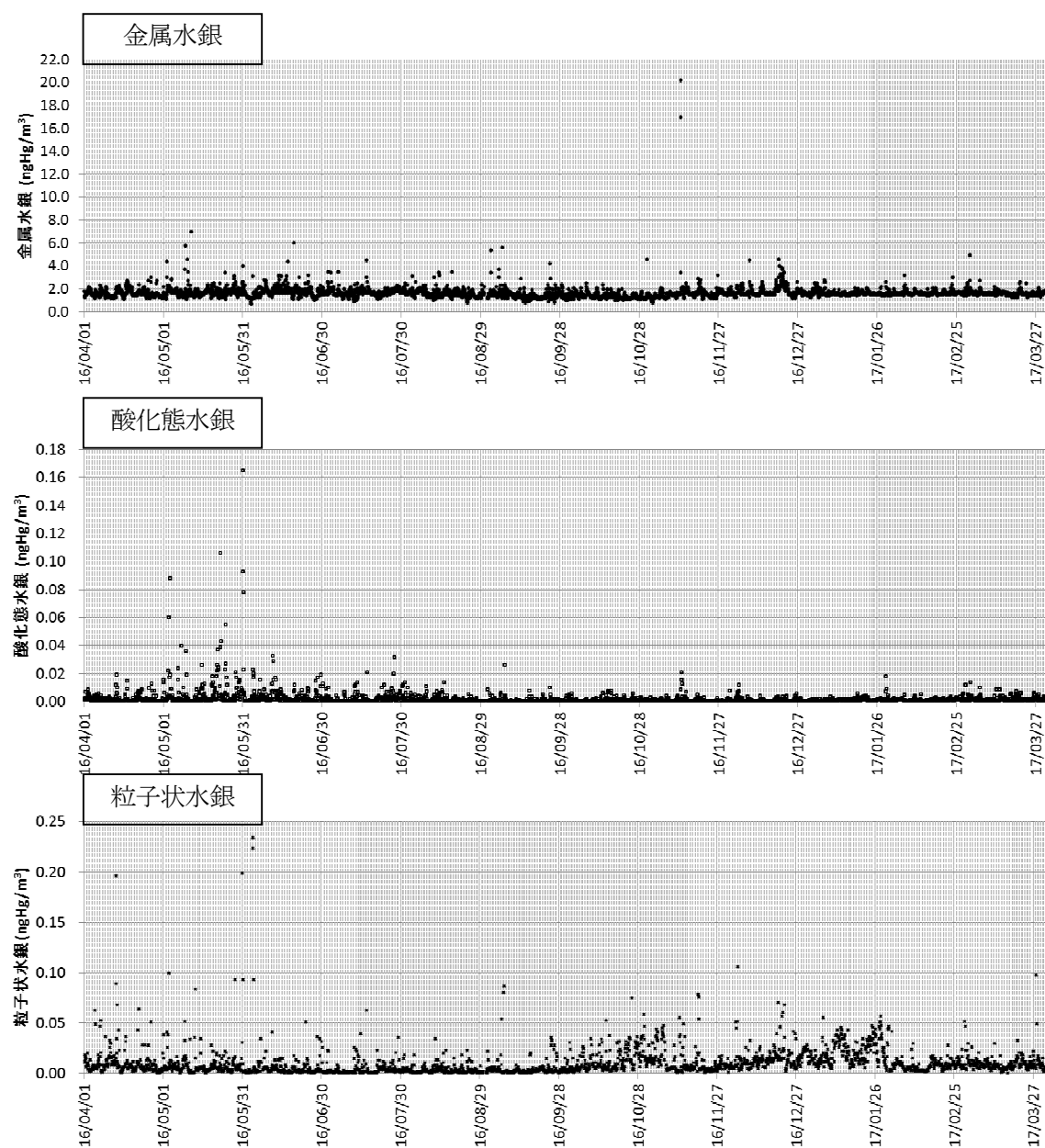
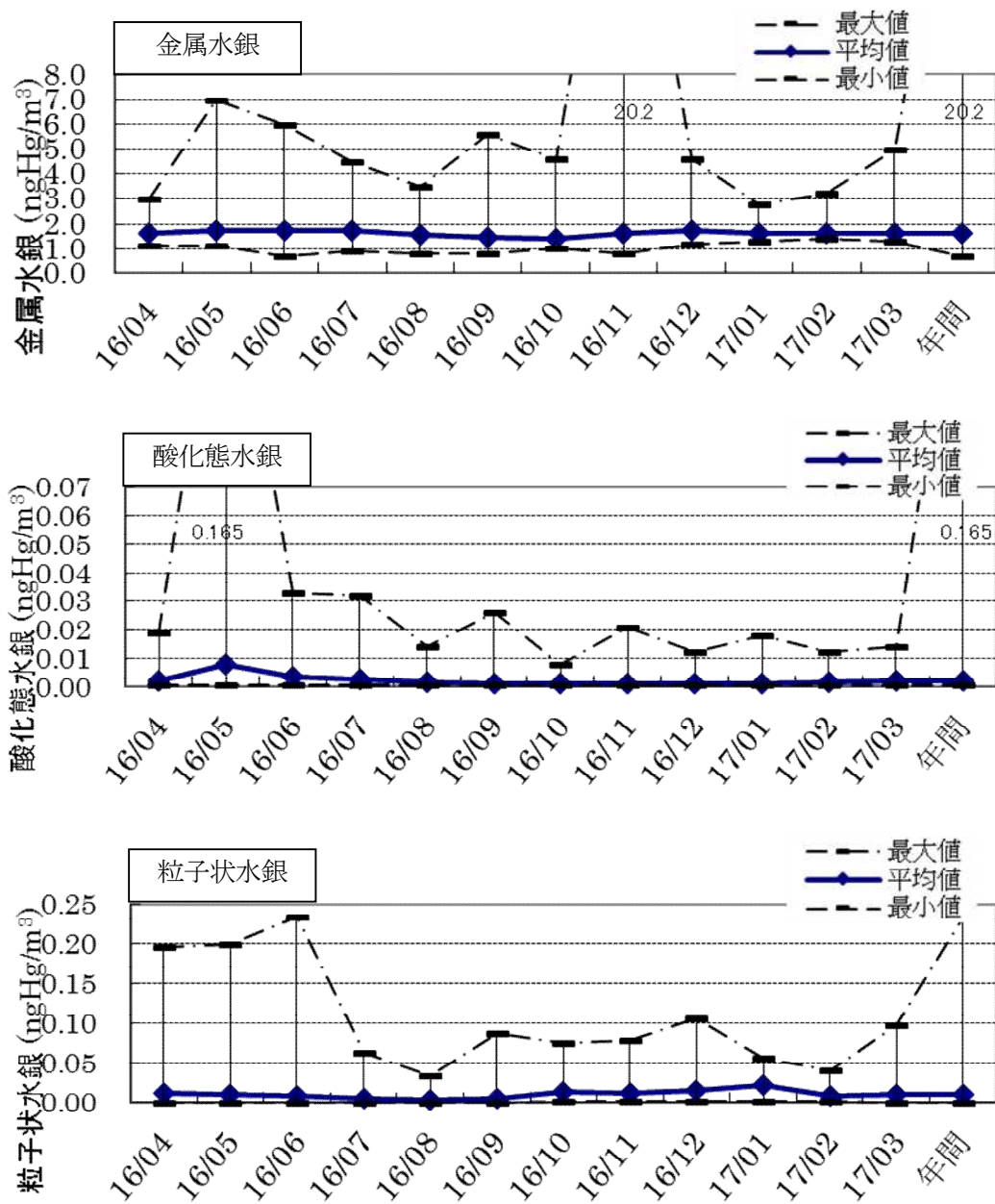


図5 男鹿半島における大気中形態別水銀濃度の測定結果（平成28年度）



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。

図6 男鹿半島における大気中形態別水銀濃度の測定結果（月平均値等）（平成28年度）

4) 男鹿における平成 28 年度と過年度の水銀濃度の比較

- ・平成 28 年度の大気中水銀濃度の平均値は平成 26 年度及び平成 27 年度と同様であった。また、観測値の変動の幅は平成 27 年度と同程度であった。

表 7 男鹿における大気中水銀濃度の年度別調査結果の概要

調査時期	大気中水銀濃度 (ngHg/m ³)			調査日数
	平均値	最小値	最大値	
平成 26 年度	1.6	0.9	6.7	230
平成 27 年度	1.6	0.7	21.8	354
平成 28 年度	1.6	0.7	20.3	365

注) 平成 26 年度については、測定を開始した平成 26 年 8 月 8 日以降のデータの平均値等を記載している。

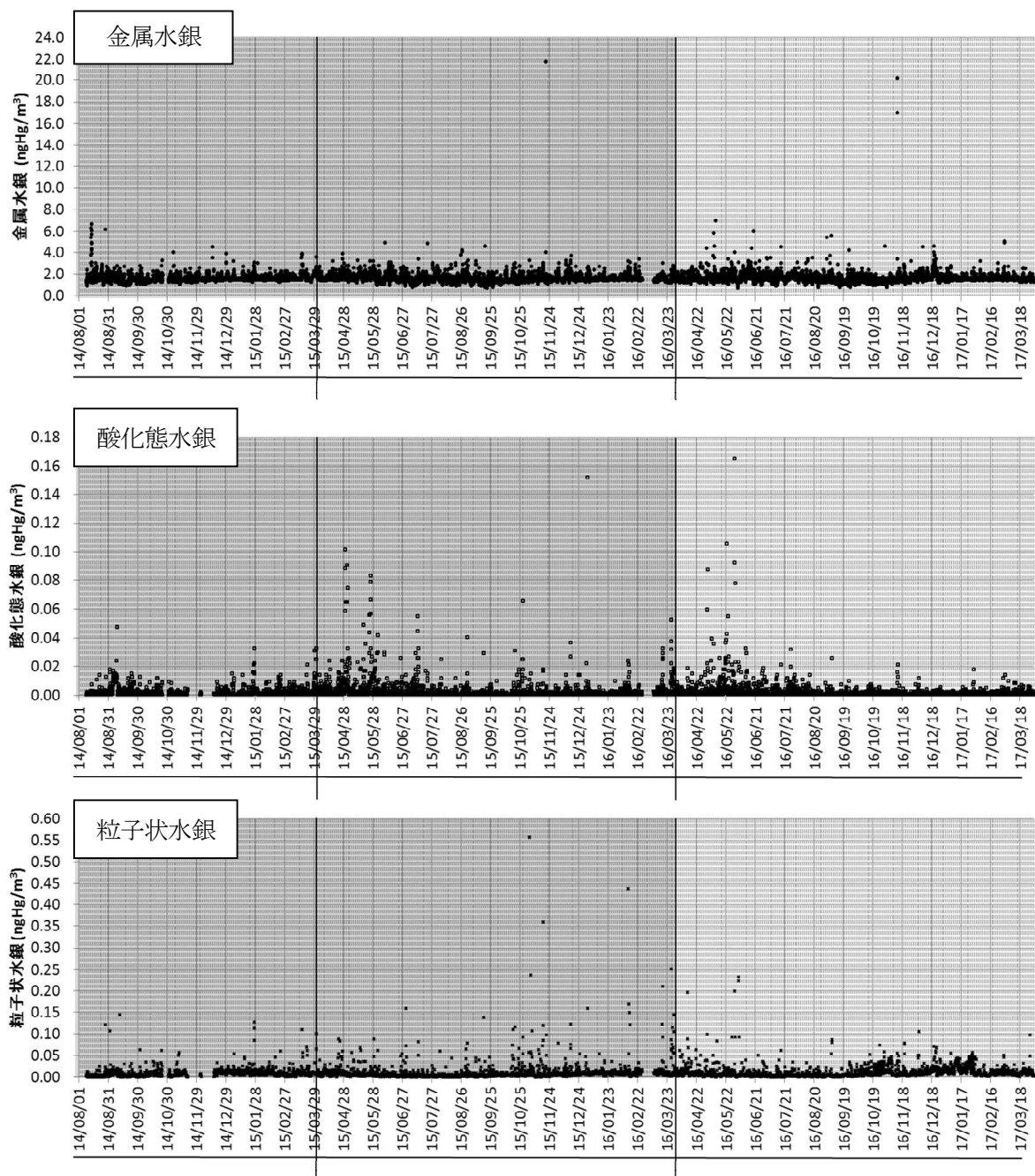


図7 男鹿における大気中形態別水銀濃度の測定結果の経年変化

表 8 男鹿における過年度の大気中水銀濃度（合計）測定結果の月毎データ

平成 26 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	1.5	1.6	1.5	1.7	1.6	1.6	1.8	1.6
標準偏差	—	—	—	—	0.7	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.4
最小値	—	—	—	—	0.9	0.9	1.1	1.1	1.3	1.3	1.3	1.3	0.9
最大値	—	—	—	—	6.7	2.8	2.9	2.4	3.9	3.2	2.5	4.0	6.7
中央値	—	—	—	—	1.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.5	1.6	1.7	1.6

注）測定を開始した 8 月 8 日以降のデータを用いた。

平成 27 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	1.8	1.7	1.5	1.6	1.5	1.5	1.7	1.7	1.6	1.7	1.6	1.6
標準偏差	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	1.0	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4
最小値	1.4	1.1	0.9	0.8	0.9	0.7	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.2	0.7
最大値	4.0	3.3	4.9	4.8	4.2	4.6	3.1	21.8	3.7	2.8	3.7	3.1	21.8
中央値	1.7	1.8	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.5	1.6	1.5	1.6	1.5	1.6

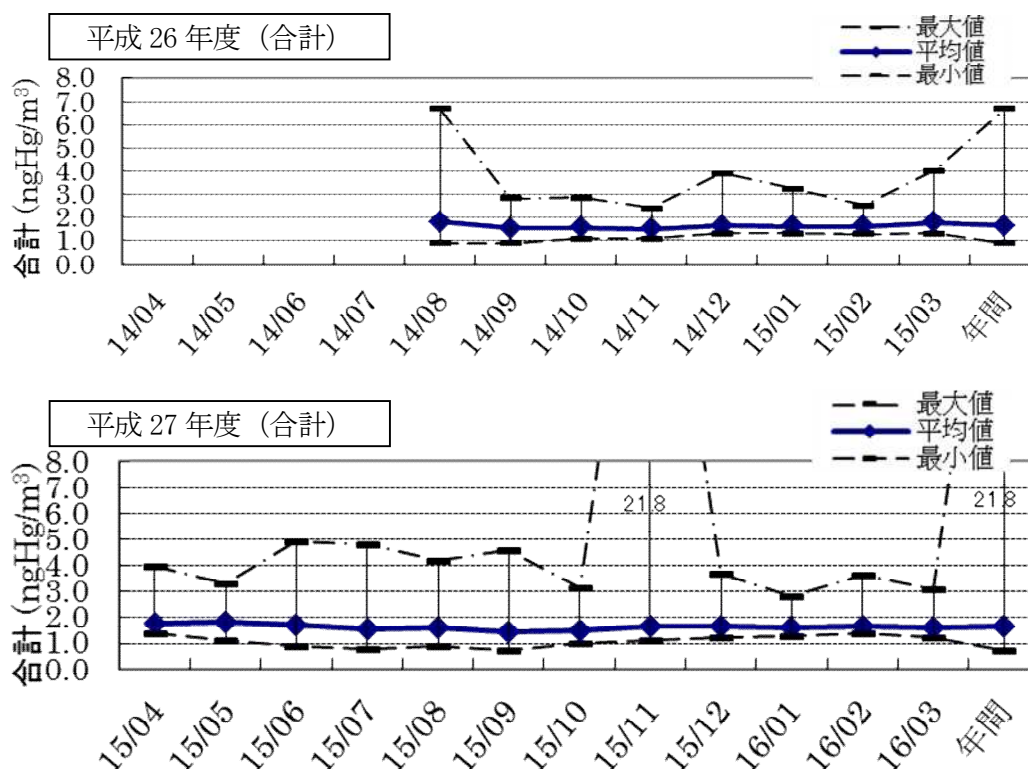


図 8 男鹿における大気中水銀濃度の過年度調査結果（月別平均値、範囲）

(2) 降水中水銀濃度

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。

なお、「2. 調査方法等」の「(2) 調査項目、調査方法等、2) 降水中水銀濃度の測定」に記載した通り、平成 28 年 2 月から平成 29 年 2 月まで実施した一年間の比較観測とその結果に対する有害金属モニタリング調査検討会での議論を踏まえ、平成 28 年度以降は新しい分析手順を採用することとした。(従来の分析手順と新分析手順の比較結果は、参考 3 参照)

ここでは、平成 28 年度の両方の手順の結果について示す。

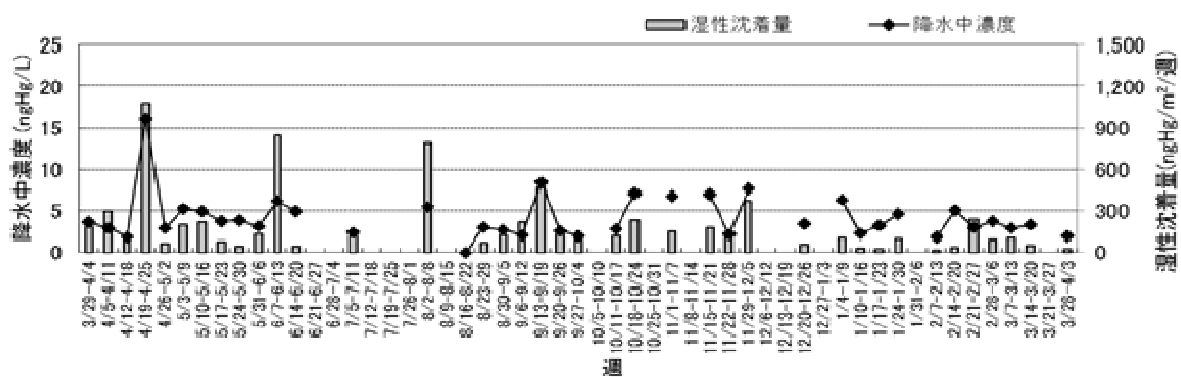
1) 辺戸岬における平成 28 年度の調査結果の概要

- ・ 降水中水銀濃度の年平均値は従来手順では 4.3 ngHg/L、新手順では 6.6 ngHg/L であった。測定値の範囲は従来手順では 1.8~16.1 ngHg/L、新手順では 2.7~19.4 ngHg/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 0.0005 mg/L (500 ngHg/L) と比較すると、十分低い値であった。(図 9、表 9)
- ・ 水銀の湿性沈着量は週毎の平均値で従来手順では 194 ngHg/m² (0.194 µgHg/m²)、新手順では 220 ngHg/m² (0.220 µg/m²) であった。年間沈着量は従来手順では約 7.4µgHg/m²、新手順では 11.2 µgHg/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(学術論文での報告[※])によると、湿性沈着量は年間 5.8~18 µgHg/m²(平均 14 µgHg/m²)であり、これらの値と比較して、本調査の平成 28 年度の結果は同程度であった。

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.

(従来手順)



(新手順)

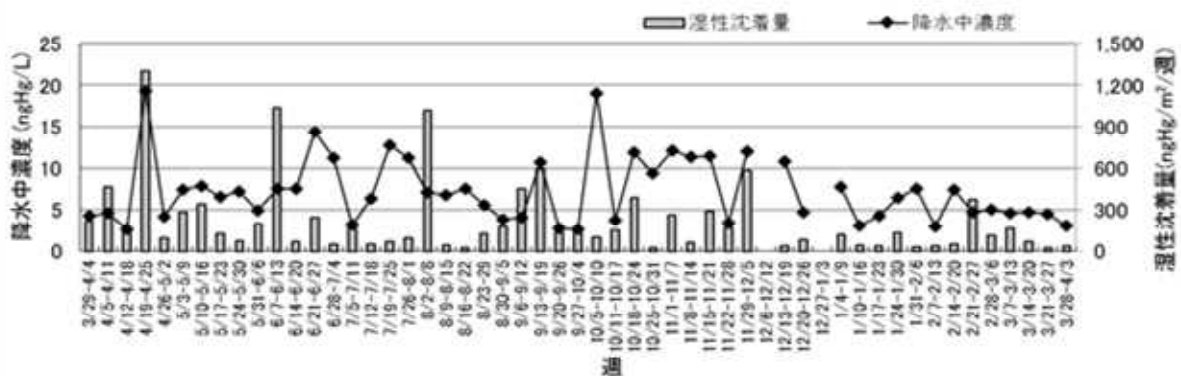


図9 辺戸岬における降水中水銀濃度及び湿性沈着量（平成28年度）
（上：従来手順、下：新手順）

表 9(1) 辺戸岬における降水中水銀濃度等の測定結果（平成 28 年度、従来手順）

月・週	採取期間	降水中 水銀濃度 (ngHg/L)	水銀 湿性沈着量 (ngHg/m ² /週)	(参考) 採水量 (L/週)	(参考) 降水量換算 (mm/週)	備考
4 月 1 週	3/29-4/4	3.7	190	0.6	51	
4 月 2 週	4/5-4/11	2.9	295	1.2	102	
4 月 3 週	4/12-4/18	1.8	105	0.7	58	
4 月 4 週	4/19-4/25	16.1	1,082	0.8	67	
5 月 1 週	4/26-5/2	2.9	64	0.3	22	
5 月 2 週	5/3-5/9	5.3	202	0.4	38	
5 月 3 週	5/10-5/16	5.0	217	0.5	43	
5 月 4 週	5/17-5/23	3.8	74	0.2	19	
5 月 5 週	5/24-5/30	3.9	41	0.1	11	
6 月 1 週	5/31-6/6	3.1	126	0.5	41	
6 月 2 週	6/7-6/13	6.2	844	1.5	136	
6 月 3 週	6/14-6/20	4.9	46	0.1	9	
6 月 4 週	6/21-6/27	-	-	0.2	17	
7 月 1 週	6/28-7/4	-	-	0.0	4	
7 月 2 週	7/5-7/11	2.4	159	0.8	66	
7 月 3 週	7/12-7/18	-	-	0.1	8	
7 月 4 週	7/19-7/25	-	-	0.1	6	
8 月 1 週	7/26-8/1	-	-	0.1	8	
8 月 2 週	8/2-8/8	5.5	790	1.6	144	
8 月 3 週	8/9-8/15	-	-	0.1	6	
8 月 4 週	8/16-8/22	-	-	0.0	3	
8 月 5 週	8/23-29	3.0	69	0.3	23	
9 月 1 週	8/30-9/5	2.7	123	0.5	46	
9 月 2 週	9/6-9/12	2.0	221	1.3	111	
9 月 3 週	9/13-9/19	8.4	468	0.6	56	
9 月 4 週	9/20-9/26	2.6	126	0.6	49	
10 月 1 週	9/27-10/4	1.9	119	0.7	63	
10 月 2 週	10/5-10/10	-	-	0.1	5	
10 月 3 週	10/11-10/17	2.8	114	0.5	41	
10 月 4 週	10/18-10/24	7.1	232	0.4	33	
10 月 5 週	10/25-10/31	-	-	0.0	2	
11 月 1 週	11/1-11/7	6.8	147	0.2	22	
11 月 2 週	11/8-11/14	-	-	0.1	6	
11 月 3 週	11/15-11/21	7.0	178	0.3	25	
11 月 4 週	11/22-11/28	2.1	106	0.6	51	
12 月 1 週	11/29-12/5	7.7	374	0.6	49	
12 月 2 週	12/6-12/12	-	-	0.0	0	
12 月 3 週	12/13-12/19	-	-	0.0	3	
12 月 4 週	12/20-12/26	3.4	59	0.2	17	
1 月 1 週	12/27-1/3	-	-	0.0	0	
1 月 2 週	1/4-1/9	6.4	102	0.2	16	
1 月 3 週	1/10-1/16	2.3	33	0.2	14	
1 月 4 週	1/17-1/23	3.2	27	0.1	8	
1 月 5 週	1/24-1/30	4.6	94	0.2	20	
2 月 1 週	1/31-2/6	-	-	0.0	4	
2 月 2 週	2/7-2/13	1.8	21	0.1	12	
2 月 3 週	2/14-2/20	5.1	36	0.1	7	
2 月 4 週	2/21-2/27	3.0	239	0.9	80	
3 月 1 週	2/28-3/6	3.8	87	0.3	23	
3 月 2 週	3/7-3/13	2.9	105	0.4	36	
3 月 3 週	3/14-3/20	3.3	51	0.2	16	
3 月 4 週	3/21-3/27	-	-	0.1	6	
4 月 1 週	3/28-4/3	1.9	22	0.1	12	
全期間	平均値	4.3	194	0.4	32.4	単純平均濃度 4.3 ngHg/L
	最小値	1.8	0	0.0	0	年間沈着量
	最大値	16.1	1,082	1.6	144	7.4μgHg/m ² /年

表 9(2) 辺戸岬における降水中水銀濃度等の測定結果（平成 28 年度、新手順）

月・週	採取期間	降水中 水銀濃度 (ngHg/L)	水銀 湿性沈着量 (ngHg/m ² /週)	(参考) 採水量 (L/週)	(参考) 降水量換算 (mm/週)	備考
4 月 1 週	3/29-4/4	4.3	221	0.6	51	
4 月 2 週	4/5-4/11	4.6	468	1.2	102	
4 月 3 週	4/12-4/18	2.7	158	0.7	58	
4 月 4 週	4/19-4/25	19.4	1,304	0.8	67	
5 月 1 週	4/26-5/2	4.2	93	0.3	22	
5 月 2 週	5/3-5/9	7.4	281	0.4	38	
5 月 3 週	5/10-5/16	7.9	342	0.5	43	
5 月 4 週	5/17-5/23	6.6	128	0.2	19	
5 月 5 週	5/24-5/30	7.2	76	0.1	11	
6 月 1 週	5/31-6/6	4.9	199	0.5	41	
6 月 2 週	6/7-6/13	7.6	1,035	1.5	136	
6 月 3 週	6/14-6/20	7.5	70	0.1	9	
6 月 4 週	6/21-6/27	14.4	242	0.2	17	
7 月 1 週	6/28-7/4	11.2	48	0.0	4	
7 月 2 週	7/5-7/11	3.2	212	0.8	66	
7 月 3 週	7/12-7/18	6.4	49	0.1	8	
7 月 4 週	7/19-7/25	12.7	72	0.1	6	
8 月 1 週	7/26-8/1	11.2	93	0.1	8	
8 月 2 週	8/2-8/8	7.1	1,020	1.6	144	
8 月 3 週	8/9-8/15	6.8	42	0.1	6	
8 月 4 週	8/16-8/22	7.6	24	0.0	3	
8 月 5 週	8/23-29	5.6	129	0.3	23	
9 月 1 週	8/30-9/5	3.9	178	0.5	46	
9 月 2 週	9/6-9/12	4.1	453	1.3	111	
9 月 3 週	9/13-9/19	10.7	596	0.6	56	
9 月 4 週	9/20-9/26	2.8	136	0.6	49	
10 月 1 週	9/27-10/4	2.7	170	0.7	63	
10 月 2 週	10/5-10/10	19.0	104	0.1	5	
10 月 3 週	10/11-10/17	3.8	155	0.5	41	
10 月 4 週	10/18-10/24	11.9	389	0.4	33	
10 月 5 週	10/25-10/31	9.4	22	0.0	2	
11 月 1 週	11/1-11/7	12.1	262	0.2	22	
11 月 2 週	11/8-11/14	11.3	66	0.1	6	
11 月 3 週	11/15-11/21	11.4	290	0.3	25	
11 月 4 週	11/22-11/28	3.4	172	0.6	51	
12 月 1 週	11/29-12/5	12.0	584	0.6	49	
12 月 2 週	12/6-12/12	-	-	0.0	0	
12 月 3 週	12/13-12/19	10.8	36	0.0	3	
12 月 4 週	12/20-12/26	4.7	81	0.2	17	
1 月 1 週	12/27-1/3	-	-	0.0	0	
1 月 2 週	1/4-1/9	7.8	124	0.2	16	
1 月 3 週	1/10-1/16	3.1	44	0.2	14	
1 月 4 週	1/17-1/23	4.3	36	0.1	8	
1 月 5 週	1/24-1/30	6.5	132	0.2	20	
2 月 1 週	1/31-2/6	7.6	28	0.0	4	
2 月 2 週	2/7-2/13	3.0	36	0.1	12	
2 月 3 週	2/14-2/20	7.4	52	0.1	7	
2 月 4 週	2/21-2/27	4.7	374	0.9	80	
3 月 1 週	2/28-3/6	5.1	117	0.3	23	
3 月 2 週	3/7-3/13	4.6	167	0.4	36	
3 月 3 週	3/14-3/20	4.7	73	0.2	16	
3 月 4 週	3/21-3/27	4.5	26	0.1	6	
4 月 1 週	3/28-4/3	3.1	36	0.1	12	
全期間	平均値	6.6	220	0.4	32.4	単純平均濃度 7.3 ngHg/L
	最小値	2.7	0	0.0	0	年間沈着量
	最大値	19.4	1,304	1.6	144	11.2µgHg/m ² /年

2) 辺戸岬における平成 28 年度と過年度の傾向の比較

- 平成 28 年度の降水中水銀濃度の年平均値（従来手順による測定値）は 4.3ngHg/L であり、これまでの調査結果と比較して、最も高い値を記録し、最小値についても過年度の中で最も高く、最大値については平成 21 年度に次いで 2 番目に高い値であった。（表 10、図 10）

表 10 辺戸岬における降水中水銀濃度及び湿性沈着量の年度別調査結果の概要

調査時期		水銀濃度(ngHg/L)			湿性沈着量(ngHg/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 (11)	864
平成 21 年度		3.1	0.7	17.5	120	0 (16)	589
平成 22 年度		2.4	0.9	11.9	105	0 (11)	760
平成 23 年度		3.0	0.6	10.9	83	0 (2)	1,205
平成 24 年度		1.9	0.7	10.1	75	0 (4)	384
平成 25 年度		2.2	0.5	12.3	67	0 (4)	511
平成 26 年度		1.4	0.2	3.8	69	0 (0)	468
平成 27 年度		2.0	0.6	5.2	104	0 (1)	748
平成 28 年度	従来手順	4.3	1.8	16.1	194	0 (21)	1,082
	新手順	6.6	2.7	19.4	220	0 (22)	1,304

注) 湿性沈着量の最小値欄の 0 は、無降水の時の沈着量であり、かっこ内の数字は降水サンプル分析時の最も小さい沈着量の値を示している。

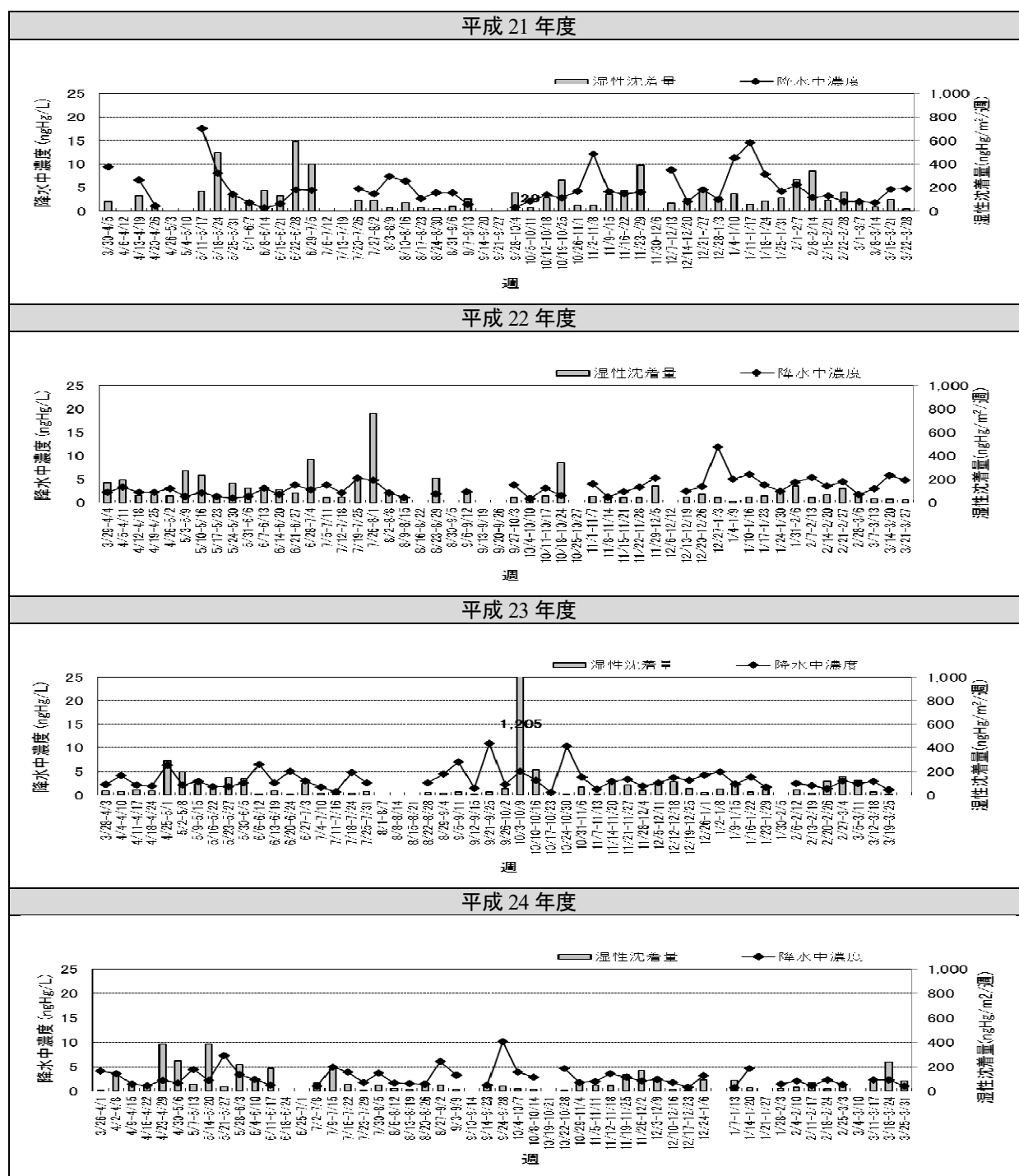


図 10(1) 辺戸岬における降水中水銀濃度及び湿性沈着量の過年度調査結果

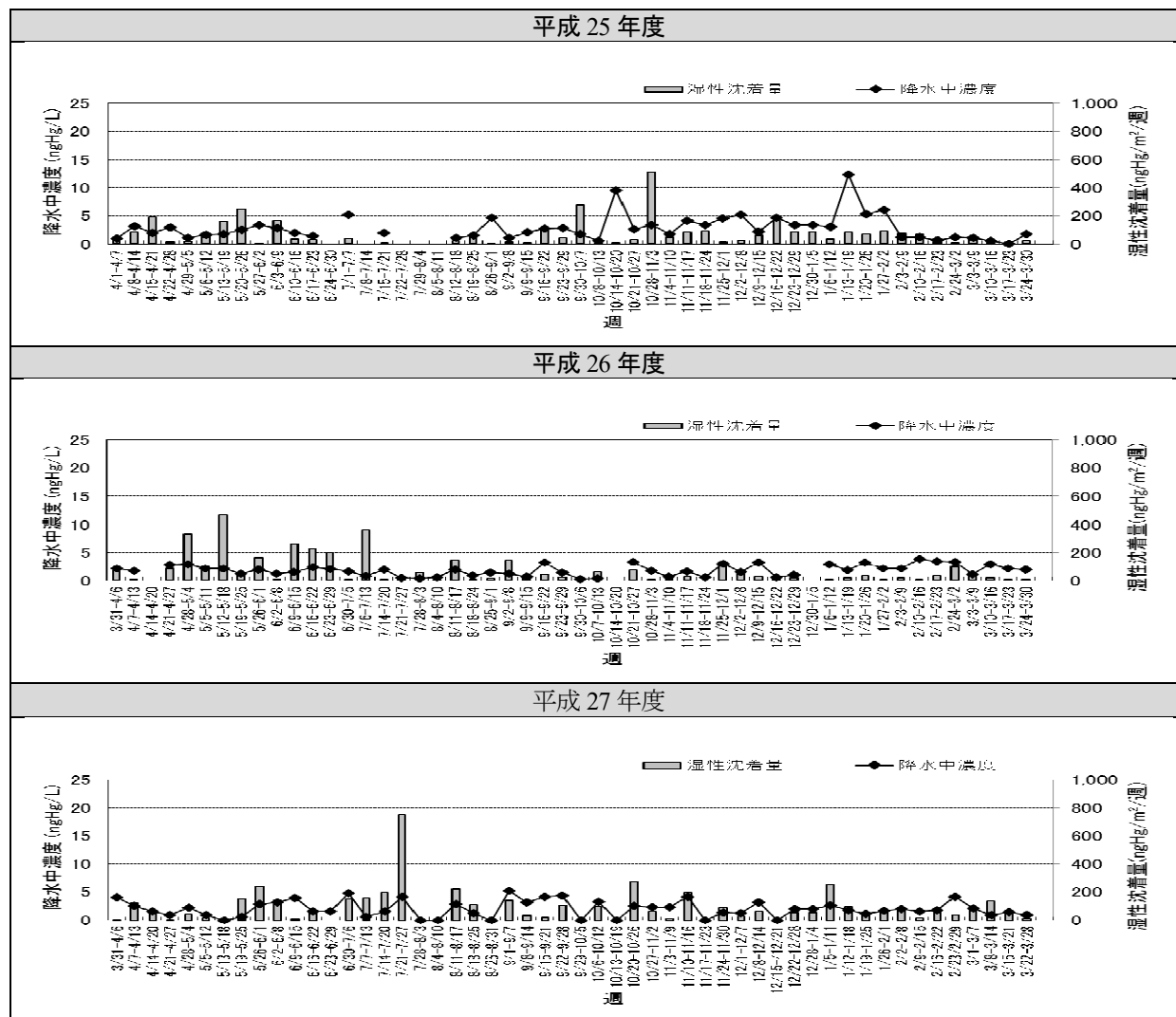
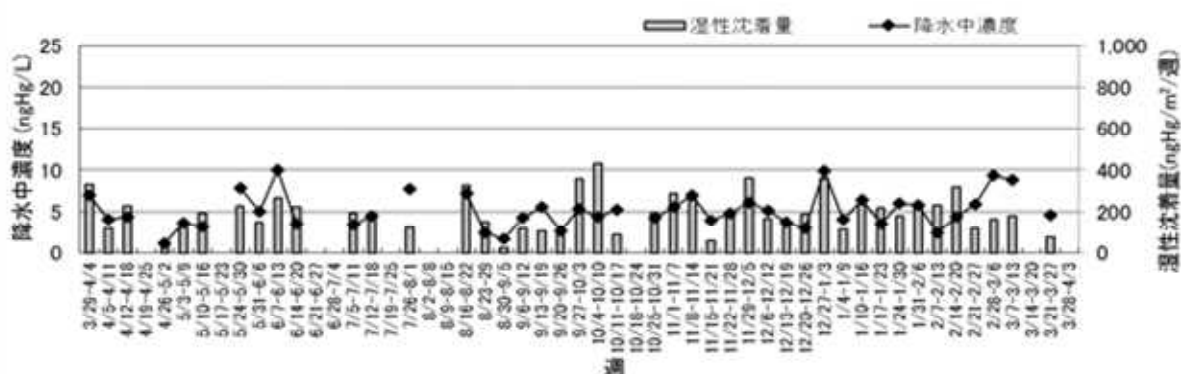


図 10(2) 辺戸岬における降水中水銀濃度及び湿性沈着量の過年度調査結果

3) 男鹿半島における平成 28 年度の調査結果の概要

- ・降水中水銀濃度の年平均値は従来手順で 4.7 ngHg/L、新手順で 6.3 ngHg/L であった。測定値の範囲は従来手順で 1.2~10.0 ngHg/L、新手順で 1.6~17.7 ngHg/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 0.0005 mgHg/L (500 ngHg/L) と比較すると、十分低い値であった。(図 11、表 11)
- ・水銀の湿性沈着量の週毎の平均値は、従来手順で 197 ngHg/m² (0.197 µgHg/m²)、新手順で 239 ngHg/m² (0.239 µgHg/m²) であった。1 年間の沈着量は従来手順で約 8.5 µgHg/m²、新手順で約 11.5 µgHg/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、辺戸岬と同様に、学术论文での報告による国内 10 カ所の観測例の年間湿性沈着量 5.8~18 µgHg/m² (平均 14 µgHg/m²) と比較すると、本調査の結果は同程度であった。

(従来手順)



(新手順)

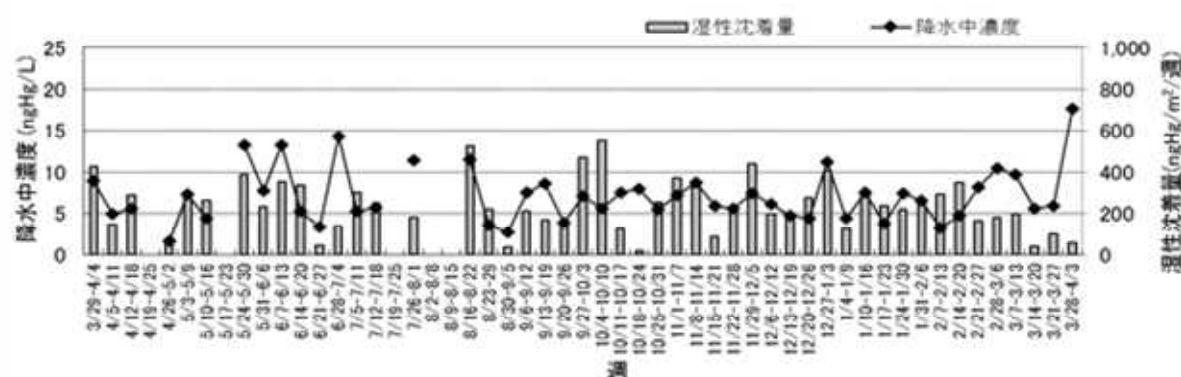


図 11 男鹿半島における降水中水銀濃度及び湿性沈着量（平成 28 年度）
（上：従来手順、下：新手順）

表 11(1) 男鹿半島における降水中水銀濃度等の測定結果（平成 28 年度、従来手順）

月・週	採取期間	降水中 水銀濃度 (ngHg/L)	水銀 湿性沈着量 (ngHg/m ² /週)	(参考) 採水量 (L/週)	(参考) 降水量換算 (mm/週)	備考
4 月 1 週	3/29-4/4	7.0	331	0.5	47	
4 月 2 週	4/5-4/11	4.1	121	0.3	30	
4 月 3 週	4/12-4/18	4.4	226	0.6	51	
4 月 4 週	4/19-4/25	-	-	0.0	0	
5 月 1 週	4/26-5/2	1.2	44	0.4	36	
5 月 2 週	5/3-5/9	3.6	137	0.4	38	
5 月 3 週	5/10-5/16	3.2	192	0.7	60	
5 月 4 週	5/17-5/23	-	-	0.0	0	
5 月 5 週	5/24-5/30	7.8	228	0.3	29	
6 月 1 週	5/31-6/6	5.0	150	0.3	30	
6 月 2 週	6/7-6/13	10.0	265	0.3	27	
6 月 3 週	6/14-6/20	3.5	223	0.7	64	
6 月 4 週	6/21-6/27	-	-	0.1	13	
7 月 1 週	6/28-7/4	-	-	0.1	10	
7 月 2 週	7/5-7/11	3.4	192	0.6	57	
7 月 3 週	7/12-7/18	4.5	199	0.5	44	
7 月 4 週	7/19-7/25	-	-	0.0	0	
8 月 1 週	7/26-8/1	7.7	123	0.2	16	
8 月 2 週	8/2-8/8	-	-	0.0	0	
8 月 3 週	8/9-8/15	-	-	0.0	2	
8 月 4 週	8/16-8/22	7.2	328	0.5	46	
8 月 5 週	8/23-29	2.5	152	0.7	61	
9 月 1 週	8/30-9/5	1.7	23	0.2	13	
9 月 2 週	9/6-9/12	4.3	122	0.3	28	
9 月 3 週	9/13-9/19	5.6	109	0.2	19	
9 月 4 週	9/20-9/26	2.7	95	0.4	35	
10 月 1 週	9/27-10/3	5.4	358	0.8	66	
10 月 2 週	10/4-10/10	4.4	432	1.1	98	
10 月 3 週	10/11-10/17	5.3	89	0.2	17	
10 月 4 週	10/18-10/24	-	-	0.0	2	
10 月 5 週	10/25-10/31	4.3	198	0.5	46	
11 月 1 週	11/1-11/7	5.6	287	0.6	51	
11 月 2 週	11/8-11/14	7.0	285	0.5	41	
11 月 3 週	11/15-11/21	4.0	59	0.2	15	
11 月 4 週	11/22-11/28	4.8	187	0.4	39	
12 月 1 週	11/29-12/5	6.1	361	0.7	59	
12 月 2 週	12/6-12/12	5.2	166	0.4	32	
12 月 3 週	12/13-12/19	3.7	146	0.4	39	
12 月 4 週	12/20-12/26	3.0	188	0.7	63	
1 月 1 週	12/27-1/3	9.9	359	0.4	36	
1 月 2 週	1/4-1/9	4.1	116	0.3	28	
1 月 3 週	1/10-1/16	6.4	260	0.5	41	
1 月 4 週	1/17-1/23	3.5	220	0.7	63	
1 月 5 週	1/24-1/30	6.0	180	0.3	30	
2 月 1 週	1/31-2/6	5.8	231	0.5	40	
2 月 2 週	2/7-2/13	2.5	230	1.0	92	
2 月 3 週	2/14-2/20	4.4	319	0.8	73	
2 月 4 週	2/21-2/27	5.9	118	0.2	20	
3 月 1 週	2/28-3/6	9.3	161	0.2	17	
3 月 2 週	3/7-3/13	8.8	179	0.2	20	
3 月 3 週	3/14-3/20	-	-	0.1	7	
3 月 4 週	3/21-3/27	4.6	77	0.2	17	
4 月 1 週	3/28-4/3	-	-	0.0	3	
全期間	平均値	4.7	197	0.4	34	単純平均濃度 5.1 ngHg/L
	最小値	1.2	0	0.0	0	年間沈着量 8.5 µgHg/m ² /年
	最大値	10.0	432	1.1	98	

表 11(2) 男鹿半島における降水中水銀濃度等の測定結果（平成 28 年度、新手順）

月・週	採取期間	降水中 水銀濃度 (ngHg/L)	水銀 湿性沈着量 (ngHg/m ² /週)	(参考) 採水量 (L/週)	(参考) 降水量換算 (mm/週)	備考
4 月 1 週	3/29-4/4	9.0	426	0.5	47	
4 月 2 週	4/5-4/11	5.0	148	0.3	30	
4 月 3 週	4/12-4/18	5.6	287	0.6	51	
4 月 4 週	4/19-4/25	-	-	0.0	0	
5 月 1 週	4/26-5/2	1.6	58	0.4	36	
5 月 2 週	5/3-5/9	7.3	278	0.4	38	
5 月 3 週	5/10-5/16	4.4	265	0.7	60	
5 月 4 週	5/17-5/23	-	-	0.0	0	
5 月 5 週	5/24-5/30	13.3	388	0.3	29	
6 月 1 週	5/31-6/6	7.8	234	0.3	30	
6 月 2 週	6/7-6/13	13.3	353	0.3	27	
6 月 3 週	6/14-6/20	5.3	337	0.7	64	
6 月 4 週	6/21-6/27	3.4	44	0.1	13	
7 月 1 週	6/28-7/4	14.3	139	0.1	10	
7 月 2 週	7/5-7/11	5.3	300	0.6	57	
7 月 3 週	7/12-7/18	5.7	252	0.5	44	
7 月 4 週	7/19-7/25	-	-	0.0	0	
8 月 1 週	7/26-8/1	11.4	181	0.2	16	
8 月 2 週	8/2-8/8	-	-	0.0	0	
8 月 3 週	8/9-8/15	-	-	0.0	2	
8 月 4 週	8/16-8/22	11.5	525	0.5	46	
8 月 5 週	8/23-29	3.6	219	0.7	61	
9 月 1 週	8/30-9/5	2.7	36	0.2	13	
9 月 2 週	9/6-9/12	7.5	212	0.3	28	
9 月 3 週	9/13-9/19	8.6	167	0.2	19	
9 月 4 週	9/20-9/26	3.9	138	0.4	35	
10 月 1 週	9/27-10/3	7.1	471	0.8	66	
10 月 2 週	10/4-10/10	5.6	550	1.1	98	
10 月 3 週	10/11-10/17	7.5	126	0.2	17	
10 月 4 週	10/18-10/24	8.0	18	0.0	2	
10 月 5 週	10/25-10/31	5.5	253	0.5	46	
11 月 1 週	11/1-11/7	7.2	369	0.6	51	
11 月 2 週	11/8-11/14	8.7	354	0.5	41	
11 月 3 週	11/15-11/21	5.9	88	0.2	15	
11 月 4 週	11/22-11/28	5.6	218	0.4	39	
12 月 1 週	11/29-12/5	7.4	438	0.7	59	
12 月 2 週	12/6-12/12	6.2	197	0.4	32	
12 月 3 週	12/13-12/19	4.8	189	0.4	39	
12 月 4 週	12/20-12/26	4.4	276	0.7	63	
1 月 1 週	12/27-1/3	11.2	406	0.4	36	
1 月 2 週	1/4-1/9	4.4	124	0.3	28	
1 月 3 週	1/10-1/16	7.6	309	0.5	41	
1 月 4 週	1/17-1/23	3.8	239	0.7	63	
1 月 5 週	1/24-1/30	7.4	222	0.3	30	
2 月 1 週	1/31-2/6	6.6	263	0.5	40	
2 月 2 週	2/7-2/13	3.2	294	1.0	92	
2 月 3 週	2/14-2/20	4.8	348	0.8	73	
2 月 4 週	2/21-2/27	8.2	164	0.2	20	
3 月 1 週	2/28-3/6	10.5	182	0.2	17	
3 月 2 週	3/7-3/13	9.7	197	0.2	20	
3 月 3 週	3/14-3/20	5.6	37	0.1	7	
3 月 4 週	3/21-3/27	5.9	99	0.2	17	
4 月 1 週	3/28-4/3	17.7	55	0.0	3	
全期間	平均値	6.3	239	0.4	34	単純平均濃度 7.1 ngHg/L
	最小値	1.6	0	0.0	0	年間沈着量 11.5µgHg/m ² /年
	最大値	17.7	550	1.1	98	

4) 男鹿における平成 28 年度と過年度の降水中水銀の比較

- 平成 28 年度の降水中水銀濃度の平均値は（従来手順による測定値）は 4.7ngHg/L であり、平成 26 年度、平成 27 年度と比べて高い値であった。また、最小値、最大値についても、平成 26 年度、平成 27 年度と比べて高い値であった。

表 12 男鹿における降水中水銀濃度及び湿性沈着量の年度別調査結果の概要

調査時期		水銀濃度(ngHg/L)			湿性沈着量(ngHg/m ² /週)		
		平均値	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値
平成 26 年度		2.5	0.1	9.2	78	0 (1)	431
平成 27 年度		2.9	0.6	9.5	80	0 (4)	301
平成 28 年度	従来手順	4.7	1.2	10.0	197	0 (23)	432
	新手順	6.3	1.6	17.7	239	0 (18)	550

注 1) 平成 26 年度については、8 月 25 日以降のデータの平均値等を記載している。

注 2) 湿性沈着量の最小値欄の 0 は、無降水の時の沈着量であり、かっこ内の数字は降水サンプル分析時の最も小さい沈着量の値を示している。

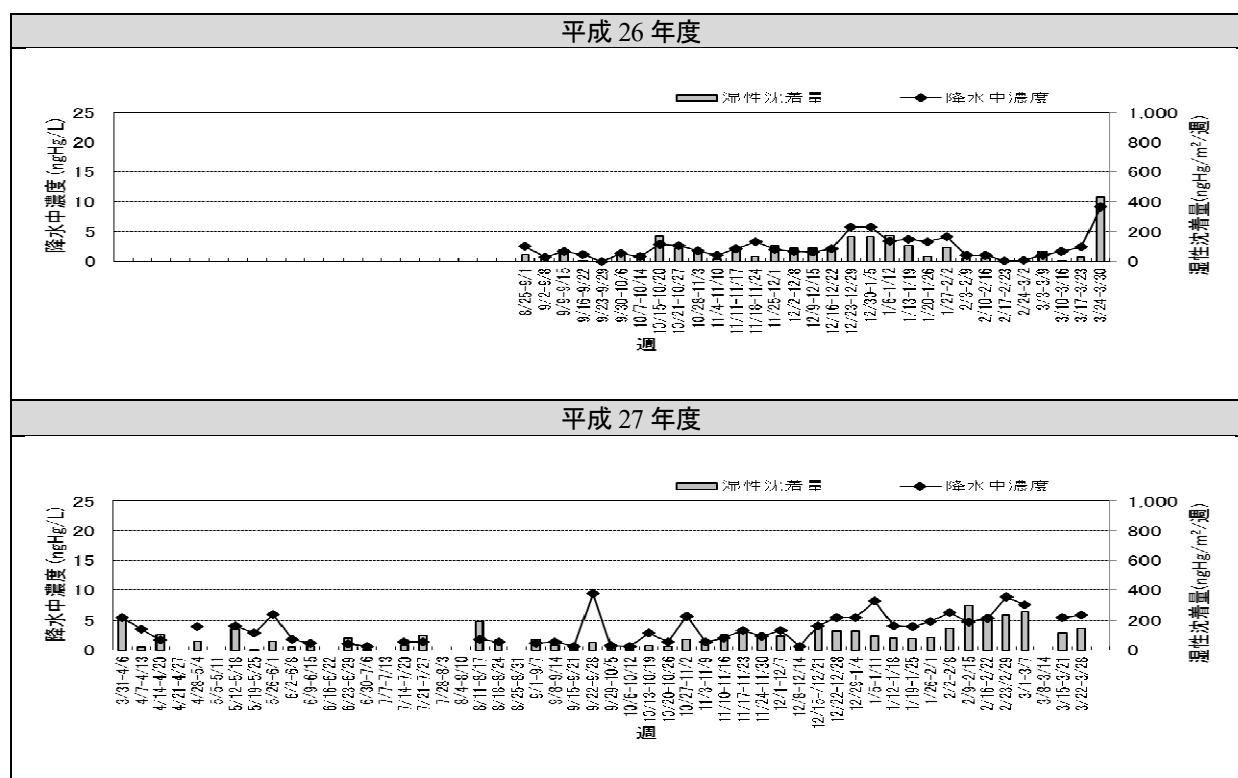


図 12 男鹿における降水中水銀濃度及び湿性沈着量の過年度調査結果

(3) 大気中の粒子状物質中の水銀以外の金属濃度の測定

1) 辺戸岬における平成 28 年度の調査結果の概要

○指針値が設定されている物質（ニッケル、ヒ素及びマンガン）

- 平成 28 年度の測定結果は、表 13 に示すとおりである。ニッケルについては、年平均値が 0.73 ngNi/m³、年間の最大濃度値が 1.9 ngNi/m³、ヒ素濃度については年平均値が 0.75 ngAs/m³、年間の最大濃度値が 2.5 ngAs/m³、マンガンについては年平均値が 3.0 ngMn/m³、年間の最大濃度値が 10 ngMn/m³であった。いずれの物質も環境中の有害大気汚染物質による健康リスクの低減を図るための指針となる数値（指針値。ニッケル：25 ngNi/m³、ヒ素：6 ngAs/m³、マンガン：140 ngMn/m³）を常に下回っていた。
- 年平均の濃度レベルは、昨年度の測定結果と比較して、ニッケルとマンガンは共に低く、ヒ素は同程度となっていた。

○指針値が設定されていない物質

- 指針値が設定されていない物質の平成 28 年度の結果は、表 14 に示すとおりである。主な物質の年平均値と最大濃度値は、鉛については年平均値が 3.2 ngPb/m³、年間の最大濃度値が 10 ngPb/m³、カドミウムについては年平均値が 0.13 ngCd/m³、年間の最大濃度値が 0.39 ngCd/m³、クロムについては年平均値が 0.67ngCr/m³、年間の最大濃度値が 2.4 ngCr/m³であった。

2) 辺戸岬における平成 28 年度と過年度の傾向の比較

- 平成 28 年度の大気中の粒子状物質中の水銀以外の金属濃度の年平均は、過年度と比較して横ばい、もしくは低い値で推移していた。なお、有害 17 成分のうち、8 成分（ベリリウム、マンガン、コバルト、セレン、スズ、テルル、タリウム、鉛）が平成 19 年以降最小の年平均値、7 成分（クロム、ニッケル、銅、亜鉛、ヒ素、カドミウム、バリウム）が平成 19 年度以降 2 番目に低い年平均値であった。また、指標 6 成分のうち、アルミニウムが平成 19 年度以降最も低い年平均値、カリウムが 2 番目に低い年平均値であった。（表 15）

表 13 粒子状物質中のニッケル、ヒ素及びマンガン濃度の測定結果（平成 24～28 年度）

（単位：ng/m³）

項目	平成 28 年度		過年度							
			平成 24 年度		平成 25 年度		平成 26 年度		平成 27 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)	0.73	1.9	1.1	3.7	1.8	5.5	1.5	3.7	1.2	3.0
ヒ素(As)	0.75	2.5	0.99	3.1	0.98	3.6	1.1	4.1	0.77	2.4
マンガン(Mn)	3.0	10	7.4	49	4.9	26	6.6	27	3.8	14

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。

表 14 粒子状物質中の金属元素類の測定結果の概要（平成 24～28 年度）

（単位：ng/m³）

項目	平成 28 年度		過年度							
			平成 24 年度		平成 25 年度		平成 26 年度		平成 27 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)	0.061	0.026	0.012	0.10	0.0085	0.053	0.013	0.055	0.0074	0.027
バナジウム(V)	1.7	4.9	1.7	6.0	1.7	3.7	1.9	5.0	1.9	5.9
クロム(Cr)	0.67	2.4	1.3	5.2	1.2	3.6	1.4	5.5	0.70	1.7
コバルト(Co)	0.068	0.24	0.26	2.3	0.11	0.54	0.12	0.44	0.16	0.64
銅(Cu)	0.92	2.9	1.6	6.5	1.7	5.0	1.8	5.3	1.2	4.2
亜鉛(Zn)	9.6	33	17	53	18	59	16	83	9.7	31
セレン(Se)	0.50	1.2	0.70	1.8	0.67	2.4	0.71	2.2	0.56	1.2
カドミウム(Cd)	0.13	0.39	0.17	0.51	0.19	0.98	0.20	0.97	0.13	0.58
スズ(Sn)	0.21	0.80	0.28	0.80	0.30	1.3	0.34	1.2	0.25	0.75
アンチモン(Sb)	0.36	5.0	0.26	0.80	0.32	1.2	0.39	1.6	0.25	0.70
テルル(Te)	0.016	0.043	0.021	0.053	0.022	0.072	0.023	0.076	0.016	0.076
バリウム(Ba)	1.7	8.1	2.9	22	2.5	14	3.6	20	2.5	27
タリウム(Tl)	0.037	0.11	0.058	0.17	0.058	0.24	0.064	0.23	0.041	0.12
鉛(Pb)	3.2	10	7.3	24	6.9	28	6.5	24	3.5	10
ナトリウム(Na)	4,000	9,300	5,000	11,000	4,800	11,000	4,300	9,200	4,300	7,100
マグネシウム(Mg)	260	530	340	1,000	290	550	460	950	260	470
アルミニウム(Al)	100	560	270	2,800	170	960	280	1,400	130	630
カリウム(K)	250	460	370	1,200	340	710	360	940	300	820
カルシウム(Ca)	230	600	350	1,900	310	1,000	400	1,400	260	500
鉄(Fe)	93	440	240	1,900	170	960	230	990	120	550
粉じん	27,000	44,400	36,900	81,400	31,100	55,900	31,400	60,600	30,700	48,300

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。

表 15 粒子状物質中の金属元素濃度の年平均値の経年変化（平成 19～28 年度）

（単位：ng/m³）

項目	平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度	平成 22 年度	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度
ベリリウム(Be)	0.012	0.0070	0.014	0.0099	0.0073	0.012	0.0085	0.013	0.0074	0.0061
バナジウム(V)	1.5	1.3	1.7	1.4	1.5	1.7	1.7	1.9	1.9	1.7
クロム(Cr)	0.83	0.52	1.1	1.1	0.87	1.3	1.2	1.4	0.70	0.67
マンガン(Mn)	6.0	3.4	6.7	5.5	4.6	7.4	4.9	6.6	3.8	3.0
コバルト(Co)	0.32	0.071	0.16	0.19	0.22	0.26	0.11	0.12	0.16	0.068
ニッケル(Ni)	0.76	0.59	0.87	0.95	0.99	1.1	1.8	1.5	1.2	0.73
銅(Cu)	1.2	0.79	1.1	1.2	1.0	1.6	1.7	1.8	1.2	0.92
亜鉛(Zn)	17	9.2	11	14	13	17	18	16	9.7	9.6
ヒ素(As)	1.4	0.68	0.85	0.83	0.76	0.99	0.98	1.1	0.77	0.75
セレン(Se)	0.61	0.49	0.53	0.51	0.52	0.70	0.67	0.71	0.56	0.50
カドミウム(Cd)	0.25	0.13	0.17	0.16	0.12	0.17	0.19	0.20	0.13	0.13
スズ(Sn)	0.49	0.25	0.25	0.26	0.21	0.28	0.30	0.34	0.25	0.21
アンチモン(Sb)	0.44	0.21	0.26	0.24	0.20	0.26	0.32	0.39	0.25	0.36
テルル(Te)	0.030	0.016	0.015	0.016	0.016	0.021	0.022	0.023	0.016	0.016
バリウム(Ba)	3.0	1.6	3.0	2.7	1.9	2.9	2.5	3.6	2.5	1.7
タリウム(Tl)	0.066	0.040	0.049	0.048	0.038	0.058	0.058	0.064	0.041	0.037
鉛(Pb)	12	4.6	5.2	5.7	5.0	7.3	6.9	6.5	3.5	3.2
ナトリウム(Na)	3,300	3,100	3,500	3,600	4,600	5,000	4,800	4,300	4,300	4,000
マグネシウム(Mg)	220	190	220	280	310	340	290	460	260	260
アルミニウム(Al)	200	130	270	220	170	270	170	280	130	100
カリウム(K)	310	240	330	300	280	370	340	360	300	250
カルシウム(Ca)	210	170	240	250	270	350	310	400	260	230
鉄(Fe)	160	110	240	170	150	240	170	230	120	93
粉じん	28,700	25,100	33,200	28,300	30,900	36,900	31,100	31,400	30,700	27,000

(4) まとめ

1) 平成 28 年度の調査結果

- ・ 辺戸岬における大気中水銀濃度は、年間平均値が 1.7 ngHg/m³、1 時間毎の測定値の範囲は、最小値が 1.2 ngHg/m³、最大値が 3.5 ngHg/m³であった。
- ・ 男鹿半島における大気中水銀濃度は、年間平均値が 1.6 ngHg/m³、1 時間毎の測定値の範囲は、最小値が 0.7 ngHg/m³、最大値が 20.3 ngHg/m³であった。同期間の辺戸岬における観測値と比べ、年間平均値は概ね同程度の値であったが、1 時間毎の測定値の変動の幅は、男鹿半島の方が大きく、特に最大値は 6 倍程度男鹿半島の方が高い値であった。

表 16 大気中水銀濃度の期間平均値及び範囲（平成 28 年度）

調査時期	水銀濃度		
	平均値 (ngHg/m ³)	最小値 (ngHg/m ³)	最大値 (ngHg/m ³)
辺戸岬	1.7	1.2	3.5
男鹿半島	1.6	0.7	20.3

- ・ 辺戸岬における降水中水銀濃度は、年間平均値が従来手順で 4.3 ngHg/L、新手順で 6.6 ngHg/L であった。測定値の範囲は、従来手順で最小値が 1.8 ngHg/L、最大値が 16.1 ngHg/L、新手順で最小値が 2.7 ngHg/L、最大値が 19.4 ngHg/L であった。
- ・ 男鹿半島における降水中水銀濃度は、年間平均値が従来手順で 4.7 ngHg/L、新手順で 6.3 ngHg/L であった。測定値の範囲は、従来手順で最小値が 1.2 ngHg/L、最大値が 10.0 ngHg/L、新手順で最小値が 1.6 ngHg/L、最大値が 17.7 ngHg/L であった。同期間の辺戸岬における観測値と比べ、平均値は同程度であるが、最小値、最大値は男鹿半島の方がやや小さい値であった。
- ・ 辺戸岬における湿性沈着量は、年間総沈着量が従来手順で 7.4 µgHg/m²（週平均値は 194 ngHg/m²/週）、新手順で 11.2 µgHg/m²（週平均値は 220 ngHg/m²/週）であった。測定値の最大値は従来手順で 1,082 ngHg/m²/週、新手順で 1,304 ngHg/m²/週であった。
- ・ 男鹿半島における湿性沈着量は、年間総沈着量が従来手順で 8.5 µgHg/m²（週平均値は 197 ngHg/m²/週）、新手順で 11.5 µgHg/m²（週平均値は 239 ngHg/m²/週）であった。測定値の最大値は従来手順で 432 ngHg/m²/週、新手順で 550 ngHg/m²/週であった。同期間の辺戸岬における観測値と比べ、最大値は辺戸岬の方が 2 倍以上高い値であったが、年間総沈着量、週平均値は、概ね同程度であった。
- ・ 辺戸岬における大気中の粒子状物質中の水銀以外の金属濃度の年平均は、指針値の存在しているニッケル、ヒ素、マンガンについては、いずれの物質も環境中の有害大気汚染物質による健康リスクの低減を図るための指針となる数値を常に下回っていた。

表 17 降水中水銀濃度及び湿性沈着量の期間平均値及び範囲（平成 28 年度）
（従来手順）

調査時期	降水中水銀濃度			湿性沈着量			
	平均値 (ngHg/L)	最小値 (ngHg/L)	最大値 (ngHg/L)	平均値 (ngHg/m ² /週)	最小値 (ngHg/m ² /週)	最大値 (ngHg/m ² /週)	総沈着量 (μgHg/m ²)
辺戸岬	4.3	1.8	16.1	194	0 (21)	1,082	7.4
男鹿半島	4.7	1.2	10.0	197	0 (23)	432	8.5

（新手順）

調査時期	降水中水銀濃度			湿性沈着量			
	平均値 (ngHg/L)	最小値 (ngHg/L)	最大値 (ngHg/L)	平均値 (ngHg/m ² /週)	最小値 (ngHg/m ² /週)	最大値 (ngHg/m ² /週)	総沈着量 (μgHg/m ²)
辺戸岬	6.6	2.7	19.4	220	0 (22)	1,304	11.2
男鹿半島	6.3	1.6	17.7	239	0 (18)	550	11.5

注) 湿性沈着量の最小値欄の 0 は、無降水の時の沈着量であり、かっこ内の数字は降水サンプル分析時の最も小さい沈着量の値を示している。

2) 過年度の調査結果との比較

- ・ 辺戸岬における大気中水銀濃度の合計の年平均値及び形態別の水銀濃度の年平均値は、概ね横ばいで推移していたが、過年度の調査結果と比較して、昨年度に引き続きやや低い値となった。

表 18 辺戸岬における大気中水銀濃度の年度別測定結果

測定項目	項目	平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度	平成 22 年度	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度
金属水銀 (ngHg/m ³)	平均値	1.5	1.8	2.2	1.9	2.1	2.0	1.7	1.7	1.6	1.7
酸化態水銀 (ngHg/m ³)	平均値	—	—	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002
粒子状水銀 (ngHg/m ³)	平均値	—	—	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.004	0.002	0.003
合計 (ngHg/m ³)	平均値	—	—	2.2	1.9	2.1	2.0	1.7	1.7	1.7	1.7

注) 平成 19 年度については、測定を開始した 10 月 16 日以降のデータを用いて平均値を算出した。酸化態水銀と粒子状水銀は、平成 21 年 10 月以降に安定した測定が実施できるようになったことから、同月以降合計濃度を算出しており、そのデータを年度別平均値の算出に用いた。

- ・ 男鹿半島における大気中水銀濃度の合計の年平均値及び形態別の水銀濃度の年平均値は、昨年度、一昨年度と概ね同程度となった。ただし、平成 26 年度は、8 月 8 日に測定を開始しており、調査日数が異なるため、調査結果の年度間の比較には注意が必要である。

表 19 男鹿における大気中水銀濃度の年度別測定結果

測定項目	項目	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度
金属水銀(ngHg/m ³)	平均値	1.6	1.6	1.6
酸化態水銀 (ngHg/m ³)	平均値	0.002	0.003	0.002
粒子状水銀 (ngHg/m ³)	平均値	0.009	0.009	0.011
合計 (ngHg/m ³)	平均値	1.6	1.6	1.6

注) 平成 26 年度については、測定を開始した 8 月 8 日以降のデータを用いて平均値を算出した。

- ・平成 28 年度の辺戸岬における降水中水銀濃度の年度別平均値は 4.3 ngHg/L（従来手順）であり、過年度の調査結果と比較して最大の値を記録した。
- ・平成 28 年度の湿性沈着量は年間で 7.4 µgHg/m²/年（従来手順）であり、過年度の湿性沈着量 3.4～6.2 µgHg/m²/年を越え、最大の値を記録した。

表 20 辺戸岬における降水中水銀濃度の年度別測定結果

測定項目	項目	平成 20 年度	平成 21 年度	平成 22 年度	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度 (従来手順)
水銀濃度 (ngHg/L)	平均値	3.4	3.1	2.4	3.0	1.9	2.2	1.4	2.0	4.3
湿性沈着量 (µgHg /m ²)	総沈着量	6.1	6.2	5.3	4.2	3.9	3.4	3.5	4.6	7.4

- ・平成 28 年度の男鹿半島における降水中水銀濃度の年度別平均値は 4.7 ngHg/L（従来手順）であり、昨年度、一昨年度より高い値であった。
- ・平成 28 年度の湿性沈着量は年間で 8.5 µgHg/m²/年（従来手順）であり、昨年度の 2 倍程度の値であった。

表 21 男鹿における降水中水銀濃度の年度別測定結果

測定項目	項目	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度 (従来手順)
水銀濃度 (ngHg/L)	平均値	2.5	2.9	4.7
湿性沈着量 (µgHg /m ²)	総沈着量	2.4	4.1	8.5

注) 平成 26 年度については、8 月 25 日以降のデータの平均値等を記載している。

- ・辺戸岬における大気中の粒子状物質中の水銀以外の金属の濃度は、総じて過年度と比較して低い値であり、指針値の存在しているニッケル、ヒ素、マンガンについては、過年度の年間最大値は、いずれの物質も環境中の有害大気汚染物質による健康リスクの低減を図るための指針となる数値を常に下回っていた。

(5) 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>

環境省大臣官房環境保健部環境安全課

TEL : 03-3581-3351（内線 6355）

E-mail : ehs@env.go.jp

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。
- ・ 男鹿半島における観測を平成 29 年度について継続的に実施する。

○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、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 27 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 27 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
			辺戸岬	男鹿	
本調査	形態別水銀濃度の合計	平成 28 年度	1.7 ngHg/m ³	1.6 ngHg/m ³	—
		平成 27 年度	1.7 ngHg/m ³	1.6 ngHg/m ³	—
		平成 26 年度	1.7 ngHg/m ³	1.6 ngHg/m ³	・ 男鹿は測定を開始した 8 月 8 日以降のデータから算出。
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 27 年度	1.9 ngHg/m ³ (一般環境)		・ 一般環境 202 地点の平均値 ・ 指針値超過地点なし
		平成 26 年度	2.0 ngHg/m ³ (一般環境)		・ 一般環境 204 地点の平均値 ・ 指針値超過地点なし
環境中の有害大気汚染物質による健康リスクの低減を図るための指針となる数値(指針値)			40 ngHg/m ³		

※大気汚染防止法に基づく平成 27 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 29 年 3 月 30 日）参照（下記）
<http://www.env.go.jp/press/103841.html>

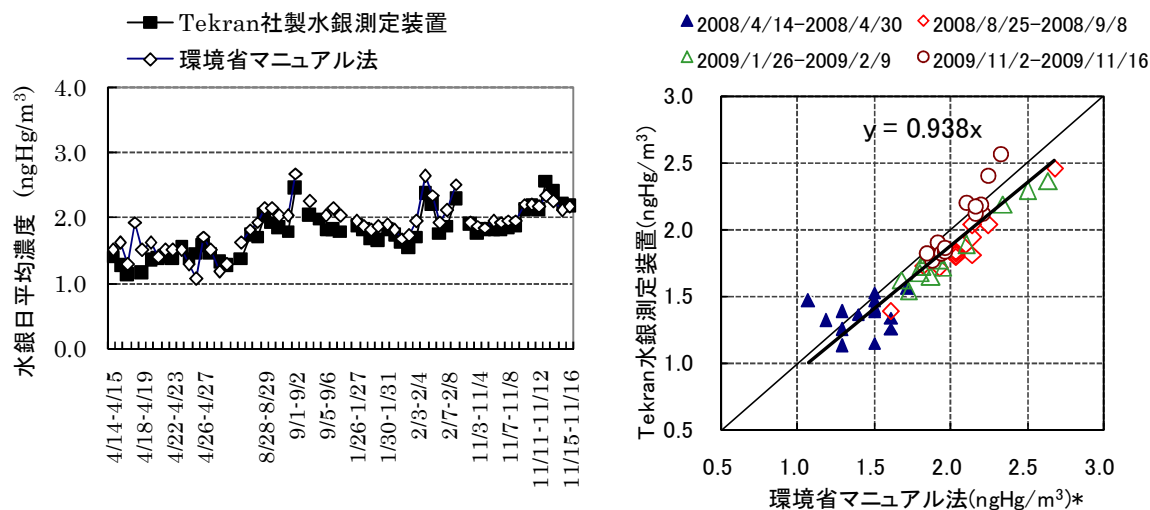
※大気汚染防止法に基づく有害大気汚染物質モニタリング調査における水銀濃度のモニタリングと本調査では測定方法が異なります（参考 2 参照）。

(参考2) 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。



(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

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

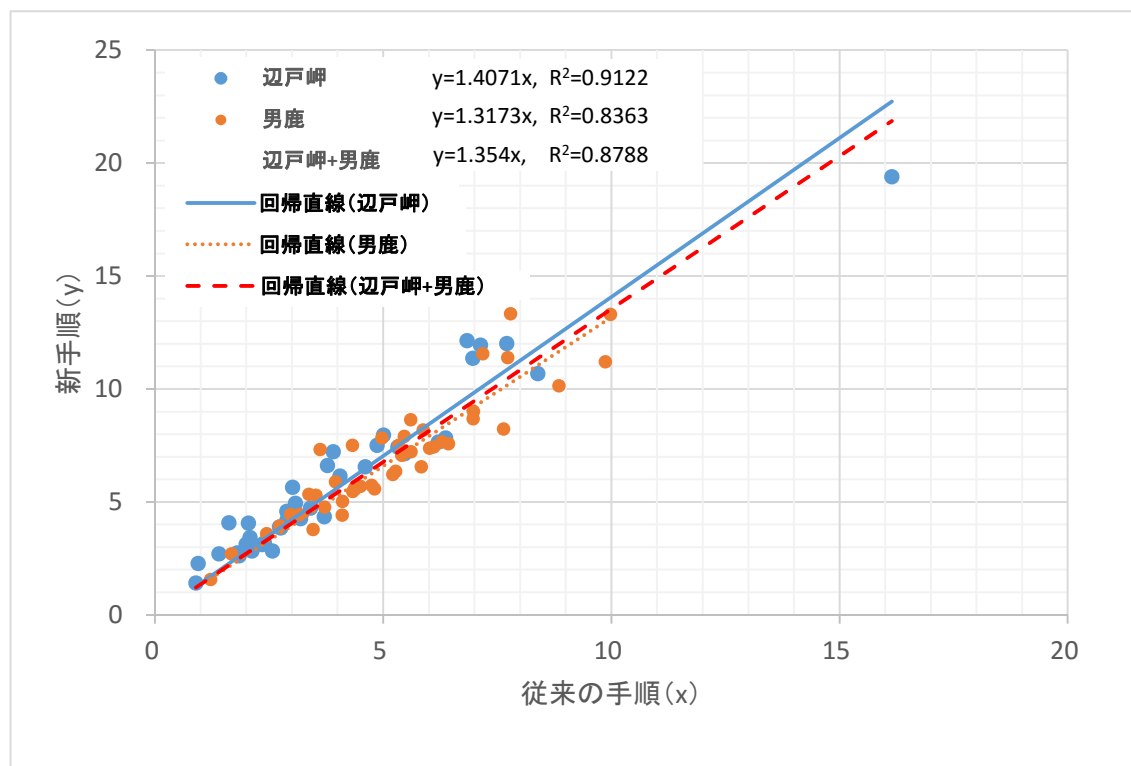
(参考3) 降水中水銀分析手順の違いによる測定結果の比較検討

平成 27 年度の有害金属モニタリング調査検討会において、分析手順における一塩化臭素の試料への添加タイミングが降水中水銀濃度の測定値に影響する可能性が指摘された。確認のため、平成 28 年 2 月から平成 29 年 2 月までの 1 年間、一塩化臭素添加のタイミングの異なる 2 つの手順による測定値の比較観測を実施した。

従来は、採取容器から分解ビンに試料を分取した後、分取試料に一塩化臭素を添加し、12 時間以上反応させるという手順としていたが、新手順では、採取容器に直接一塩化臭素を添加し、12 時間以上反応させた後に分解ビンに分取するという手順とした。

それぞれの分析手順で得られた降水中水銀濃度の週毎の値を比較したところ、新手順は従来の手順に対して 1.3～1.4 倍程度高い値を示すことが確認され、従来無視できるほど小さいと考えていた採取容器の壁面への吸着量が無視できない大きさであることが明らかとなった。

平成 28 年度の有害金属モニタリング調査検討会に比較観測結果を諮り、検討会での議論を踏まえて、より真値に近い値が得られていると考えられる新しい分析手順を平成 28 年度以降採用することが決定した。



参考図 2 従来の手順による降水中水銀濃度と新手順による降水中水銀濃度の比較