

芦屋市環境処理センターごみ焼却施設排ガス中の
水銀濃度超過に伴う原因究明及び改善対策計画

令和元年 9 月

芦屋市 市民生活部 環境施設課

目次

1	目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	P 1
2	芦屋市環境処理センターにおける水銀の超過・・・・・・・・	P 1
3	原因究明・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	P 2
	(1) 法施行後の測定結果	
	(2) 焼却炉停止後の測定箇所及び測定結果	
	(3) 施設内由来の検討	
	ア ガス状水銀	
	イ 粒子状水銀	
	(4) 原因究明結果	
4	改善対策（水銀使用製品廃棄物等の混入防止）・・・・・・・・	P 7
	(1) 基本方針	
	(2) 暫定対策	
	ア 市民への啓発と収集方法の変更	
	イ 排出事業者への啓発等	
	ウ 展開検査の強化	
	(3) 恒久対策	
	ア 継続的な啓発	
	イ 拠点回収の実施	
	ウ 展開検査の強化	
5	改善対策（施設改善）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	P 9
	(1) 基本方針	
	ア 排ガスの低温化	
	イ 活性炭吹き込み	
	(2) 暫定対策	
	(3) 運転再開	
	(4) 恒久対策	

1 目的

芦屋市環境処理センターでは、大気汚染防止法の施行に伴い、平成30年度から排ガス及び灰等の水銀濃度を定期測定してきたが、令和元年6月24日の定期測定及び8月9日の再測定に排ガス中の排出基準値である $50\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ を超過した。

このため、焼却炉の運転を一時停止し、原因究明及び改善対策について検討し、再発防止と一日も早い焼却炉の復旧を目指すことを目的とする。

特に改善対策として水銀がごみピットに入らないようさらなる啓発を行い、万が一入ってきた場合においても排ガス中の排出基準値を遵守できるような設備改造を行う。

2 芦屋市環境処理センターにおける水銀の超過

水銀の超過について、焼却炉停止までの経緯を表1に示す。

表1 焼却炉停止までの経緯

日 時	状 況
7月30日(火)	・6月24日採取の2号炉排ガスから水銀濃度 $200\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ が判明 (排出基準値 $50\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
7月31日(水)	・芦屋市から阪神北県民局に連絡(法に基づく再測定の指示)
8月9日(金)	・排ガス再測定(3回測定)
8月19日(月)	・測定業者から速報 6月24日(1回) $200\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ と8月9日(3回) $60, 330, 120\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ が検出され、最大、最小を除き平均すると $160\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ であることが判明
8月26日(月)	・阪神北県民局に連絡(停止の助言があった。)
8月27日(火)	・兵庫県農政環境部環境管理局及び阪神北県民局と協議 ・2号炉停止操作開始
8月28日(水)	・阪神北県民局へ2号炉運転停止完了を報告

3 原因究明

施設内の水銀の状況を把握するため、各箇所を測定し原因究明を行う。

(1) 法施行後の測定結果

過去の測定結果を時系列に整理したものを表2及び表3に示す。

排ガスの測定値は、平成30年度当初から徐々に上がっていたが、令和元年6月24日から急激に排出基準値を超える水銀が確認された。

表2 水銀測定結果（排ガス）

酸素換算値 単位：μg/Nm³

項目/測定年月日	H30.4.25	H30.6.27	H30.8.17	H30.10.3	H30.12.19	H31.2.6	H31.4.19	R1.6.24	R1.8.9	基準値※2
1号炉	減温塔入口	14	—	—	8.2	15	—	57	—	—
	脱硝出口	8.6	—	—	4.6	12	—	48	—	—
	煙突出口	7.9	—	—	4.5	8.0	—	39	—	50
2号炉	減温塔入口	—	30	21	—	—	36	—	280	—
	脱硝出口	—	17	14	—	—	31	—	180	—
	煙突出口	—	15	11	—	—	32	—	200	160※1

※1:R1.8.9の数値は4回（R1.6.24の200, R1.8.9の60, 330, 120）から最大, 最小を除く平均値

※2:基準値は、大気汚染防止法

表3 水銀測定結果（灰）

含有試験 単位：mg/kg

項目/測定年月日	H30.4.18	H30.7.4	H30.10.3	H31.1.9	H31.4.15	R1.7.10	参考値※1
号炉	1号炉	2号炉	1号炉	2号炉	1号炉	2号炉	—
焼却灰	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01
バグ灰	0.36	0.36	0.61	0.72	1.4	0.42	0.51

※1:参考値は当施設の昨年度の平均

溶出試験 単位：mg/l

項目/測定年月日	H30.4.18	H30.7.4	H30.10.3	H31.1.9	H31.4.15	R1.7.10	参考値 (基準値)
号炉	1号炉	2号炉	1号炉	2号炉	1号炉	2号炉	—
焼却灰	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005 ※1
バグ灰	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.005以下 ※2

※1:参考値の焼却灰は、当施設の昨年度の平均

※2:バグ灰は、大阪湾広域臨海環境整備センターによる基準値

(2) 焼却炉停止後の測定箇所及び測定結果

測定箇所及び測定結果を表4に示す。

測定結果をみると、各測定箇所の水銀濃度は低く、基準値以下もしくは参考値と同程度であり、水銀の残留による異常値は確認されなかった。

表4 測定箇所及び測定結果（令和元年8月30日採取）

	測定箇所		単位	水銀測定結果	(基)：基準値 (参)：参考値
1	ごみピット貯留ごみ(東)	含有量	mg/kg	0.02	(参)0.03~0.07 ※4
2	ごみピット貯留ごみ(中央)	含有量	mg/kg	0.03	
3	ごみピット貯留ごみ(西)	含有量	mg/kg	0.04	
4	ごみピット汚水※1	溶出量	mg/L	0.0005 未満	—
5	1号炉副煙道の灰	含有量	mg/kg	0.06	
		溶出量	mg/L	0.0005 未満	
6	2号炉副煙道の灰	含有量	mg/kg	0.01 未満	
		溶出量	mg/L	0.0005 未満	
7	1号炉バグフィルタの灰 ※2	含有量	mg/kg	0.11	
		溶出量	mg/L	0.0005 未満	
8	2号炉バグフィルタの灰 ※2	含有量	mg/kg	0.16	
		溶出量	mg/L	0.0005 未満	
9	焼却灰	含有量	mg/kg	0.01 未満	
		溶出量	mg/L	0.0005 未満	(参)0.0005 未満※5
10	バグ灰※3	含有量	mg/kg	0.27	(参)0.51※5
		溶出量	mg/L	0.0005 未満	(基)0.005 以下※6

※1: ごみピット汚水は、ごみピット底部にたまった汚水であり、汲み上げてピット内に散布している。

※2: バグフィルタの灰は、ろ過式集じん機で捕集した飛灰

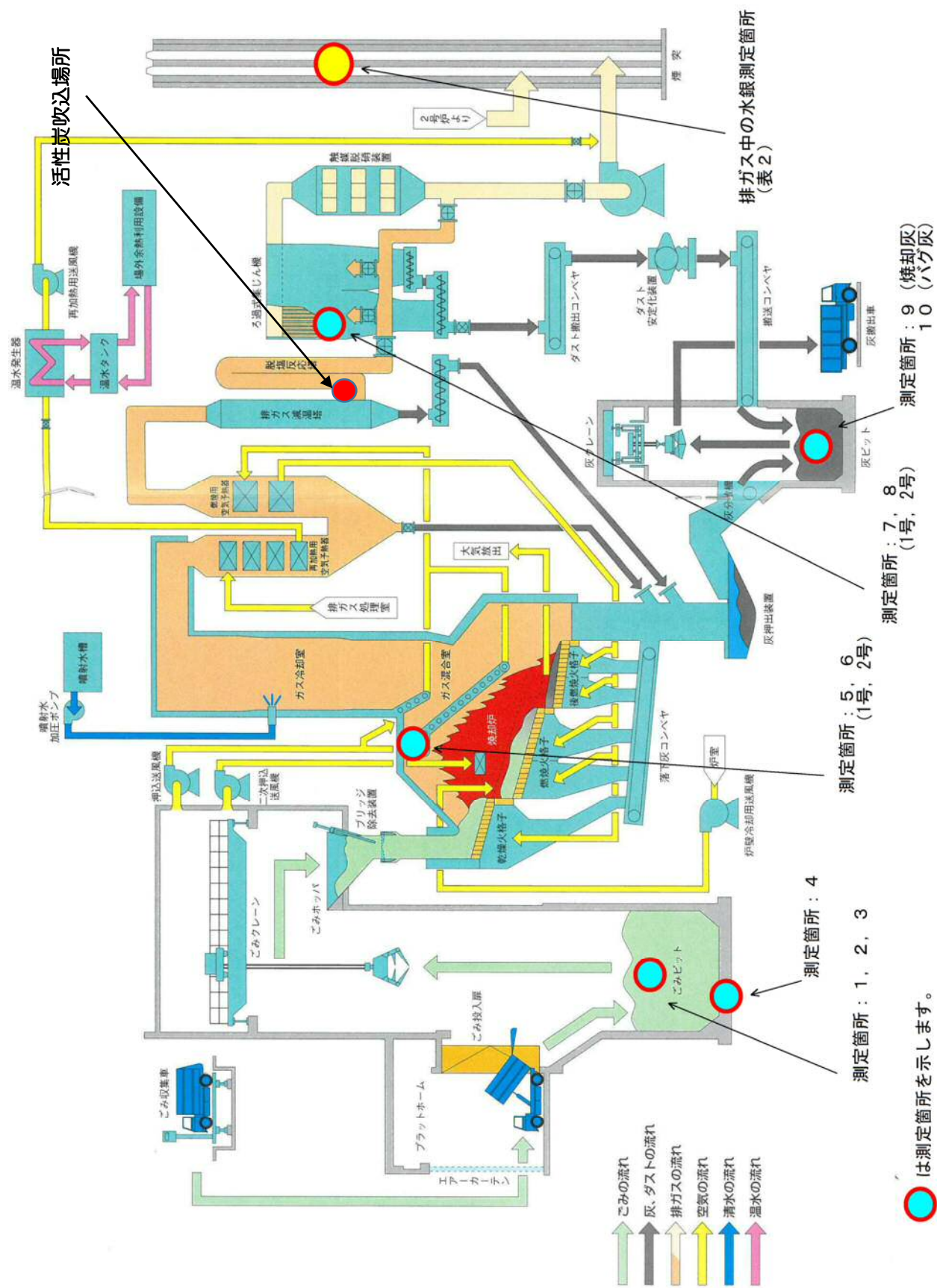
※3: バグ灰は、ろ過式集じん機で捕集した飛灰を薬剤処理したばいじん処理物

※4: 参考値は、廃棄物資源循環学会研究発表会講演資料における実測値

※5: 参考値は、当施設の昨年度の平均値

※6: 基準値は、大阪湾広域臨海環境整備センターによる基準値

表2, 表3, 表4の測定箇所



(3) 施設内由来の検討

ごみ焼却施設内では水銀が発生する要素がないため、ごみ由来により排ガス中に水銀が検出されたと推察される。

もう一つの可能性として、施設内で水銀が灰や汚水に含まれ、濃縮されるかについて検証した。

当焼却施設を設計・施工した業者の見解は、次のとおり。

ア ガス状水銀

ごみとともに持ち込まれた水銀は、焼却炉までは、金属水銀であり焼却炉の熱で蒸気になり、塩化水素と反応し、多くは塩化水銀蒸気となる。

排ガスが十分に冷却され、ろ過集じん機で除去されないと、煙突から排出されることになる。

イ 粒子状水銀

塩化水銀の一部を取り込んだ有害なバグフィルタの灰（飛灰）は、ろ過式集じん機で捕集し、キレート剤を添加することにより重金属（水銀もその一つ）が灰から溶出されなくなる。

このバグ灰（ばいじん処理物）は、灰搬出車で埋立処分場まで運び、埋立処分をしている。

灰中に取り込まれた水銀は、炉内に再投入されることはなく搬出するため、施設内で循環濃縮されることはない。

(4) 原因究明結果

(1)～(3) を整理すると以下のとおりになる。

- ・令和元年6月24日と8月9日に排ガス中の水銀濃度の急激な上昇があった。
- ・施設内からは異常な水銀濃度の測定値は、検出されなかった。
- ・当焼却施設を設計・施工した業者の見解から現状の運転管理では、水銀が施設内で濃縮される可能性は低い。

これらの事象を客観的かつ総合的に判断すると、原因としては具体的な汚染源及びごみピットへの投入時期は特定できないものの、令和元年6～8月の間に一時的に水銀含有物質が投入されたものと推定される。また、現時点においてごみピット内及び煙道内に水銀が残留している可能性は低いと考えられるが、改善対策を施した上で運転再開することとする。

【参考】

・水銀混入量の推定

水銀濃度超過時の平均濃度における水銀濃度を推定する。なお、推定にあたっては、過去の実測値の最大値である令和元年6月24日の測定結果を用いた。

推定式は、以下のとおり。

〈推定式〉

$$X=A \times B$$

X：水銀混入量 (g/h)

A：測定水銀濃度 減温塔入口 360 μg/Nm³ (乾き) (酸素換算前の実測値)

B：排ガス量 19,400Nm³/h (乾き)

上記から、

$$X=0.00036 \times 19,400 \approx 7 \text{g/h}$$

・水銀排出源の推定

水銀排出源として可能性のある製品について表5に示す。

上記で試算した7gの水銀に相当する各製品の個数(本数)は、水銀温度計が約2本、水銀体温計が約6本、蛍光管が約1,167本となる。

表5 水銀排出源として可能性のある製品

製品	項目	1個(本)当たりの平均的な水銀含有量	7g相当個(本)数
水銀温度計		約3.7g程度	約2本
水銀体温計		約1.2g程度	約6本
水銀血圧計		約48g	約0.15個
蛍光管		平均0.006g	約1,167本
ボタン電池		ボタン電池のうち、下に示すものは水銀が使用されている可能性がある(水銀が使用されている場合、水銀含有量は電池重量の1~2%以下)。 空気亜鉛電池 平均製品重量：0.8g (水銀含有量0.0008~0.0016g) 酸化銀電池 平均製品重量：0.5g (水銀含有量0.0005~0.001g) アルカリボタン電池 平均製品重量：1.6g (水銀含有量0.0016~0.0032g)	空気亜鉛電池 4,375~8,750個 酸化銀電池 7,000~14,000個 アルカリボタン電池 2,188~4,375個

注：H27 家庭から排出される水銀使用廃製品の分別回収ガイドライン 環境省から抜粋・加工

4 改善対策（水銀使用製品廃棄物等の混入防止）

(1) 基本方針

水銀使用製品廃棄物等の混入防止は、ごみとして排出される段階での分別の徹底が重要であるため、啓発と展開検査の強化を行う。

(2) 暫定対策

ア 市民への啓発と収集方法の変更

水銀が含まれる製品のごみ出しについて、あらためて啓発を行う。水銀体温計・水銀温度計・水銀血圧計の3製品は、個別収集（各家庭への訪問回収）に一時的に変更する。燃やすごみへの混入を防ぐため、蛍光灯、ボタン電池については、分別してごみ出しを行う。燃やすごみに混入されていると確認できた場合は、啓発シールを貼り残置する対応を行う。また状況を見ながら適宜展開検査を行う。

表6 市民への分別排出徹底の周知強化

項目	実施日（予定日）
(a) ホームページ掲載	8月29日（木）
(b) 市長が市議会第3回定例会の開会あいさつにおいて、早期の原因追究と再開の決意、ごみ出し抑制を市民に呼びかけ	9月2日（月）
(c) 持ち込みごみプラットホームにチラシ拡大版掲示	9月2日（月）
(d) 計量受付にてチラシ配布	9月2日（月）
(e) 市民啓発チラシ 全戸配布 ※	9月3日（火）
(f) 市役所本庁舎受付 チラシ配布	9月4日（水）
(g) パイプライン施設投入口掲示板にチラシ掲示	9月4日（水）
(h) SNSを利用した啓発	（9月中旬）

※別紙1

表7 水銀が含まれる製品のごみ出しの収集方法の変更

品目	現行の収集方法	暫定の収集方法
水銀温度計 水銀体温計 水銀血圧計	芦屋市環境処理センターへの 持込み	個別収集（各家庭への訪問回収）
ボタン電池	「電池工業会」に登録されている 店舗での回収	「その他燃やさないごみ」の日に、 他のごみと分けて、中身の見える袋 に入れて出す
蛍光灯	「その他燃やさないごみ」の日に、 割れないように購入時の紙のケースや 新聞紙などに包んで出す	「その他燃やさないごみ」の日に、 他のごみと分けて、割れないように 購入時の紙のケースや新聞紙などに 包んで出す

イ 排出事業者への啓発等

市内全事業者に、水銀含有ごみの廃棄方法、産業廃棄物の混入禁止の啓発のチラシを配布する。また、収集許可事業者へごみ収集時の目視確認の徹底の指導を行う。

表 8 事業者への分別排出徹底の周知強化及び指導

項目	実施日（予定日）
周知・啓発	
(a) 持ち込みごみプラットホームにチラシ拡大版掲示	9月2日（月）
(b) 計量受付にてチラシ配布	9月2日（月）
(c) 事業系チラシ 全事業所配布 ※	9月10日（火）
(d) 市内医療機関への協力依頼 107 医療機関	9月10日（火）
(e) 芦屋市商工会 商工会ホームページに啓発記事掲載 啓発のため会合に出席	9月10日（火） （9月12日（木））
(f) SNSを利用した啓発	（9月中旬）
指導	
(a) 許可業者への積み込み時の不適物存在確認（電話）	9月3日（火）
(b) 許可業者への積み込み時の適正処理の説明会 ごみ収集時の目視確認の徹底を指導	（9月11日（水））
(c) 許可業者へ展開検査の実績を受けて、不適切な廃棄が見 受けられた場合に分別・廃棄を指導 水銀含有物が発見された場合は、排出事業者への聞き取り 調査	随時
(d) 多量の排出事業者へのごみ出しの聞き取りと指導、啓発	（焼却炉再開後）

※別紙2

ウ 展開検査の強化

焼却炉運転再開までの間に、ごみピット投入扉前のプラットホームを最大限に利用して展開検査を行い、水銀含有物の混入を重点的に検査する。

表 9 展開検査の実施

実施日（予定日）	実施台数（予定台数）
8月28日（水）	事業系 1台
9月3日（火）	事業系 1台
9月4日（水）	事業系 2台
9月5日（木）	事業系 4台
9月6日（金）	事業系 6台
9月9日（月）	事業系 3台
9月10日（火）以降	事業系（許可業者全台数）

(3) 恒久対策

ア 継続的な啓発

全市民にあらためて水銀が含まれるごみのごみ出しについて啓発を実施するとともに、分別排出の徹底についても併せて周知する。

全戸配布する家庭ごみハンドブックの中に、水銀が含まれるごみのごみ出しについて特記し、継続的に啓発する。また、SNS等多様な方法を利用し、継続して啓発を行うと共に、市内の全事業者に配布する事業系ハンドブックの中に、水銀が含まれるごみのごみ出しについて特記し、継続的に啓発する。

イ 拠点回収の実施

水銀が含まれるごみのごみ出しが日常的にできるように、芦屋市役所及び芦屋市ラポルテ市民サービスコーナーで、拠点回収を行う。

ウ 展開検査の強化

許可業者分は、状況をみながら適宜全事業者の事業系ごみの展開検査を行う。また、排出事業者分は、不適物が見受けられた場合に、分別・廃棄を指導し、水銀含有物が発見された場合は、聞き取り調査を行う。なお、市民分は、抜き打ちで展開検査を行う。

5 改善対策（施設改善）

(1) 基本方針

ごみとして排出される段階での対策に加え、ごみピットに水銀が混入しても煙突から排出される排ガス中の水銀濃度を排出基準値以下で運用できるよう施設改善対策を実施する。

当施設の現状の除去率は6月24日の水銀濃度が、減温塔入口 $280 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ （酸素換算値）であり、煙突が $200 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ （酸素換算値）であることから、約29%の除去率になっている。

その減温塔入口における水銀濃度を煙突で $50 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 以下（酸素換算値）にするためには、83%以上の除去率を確保する必要があるため、下記の2点で対応する。

ア 排ガスの低温化

水銀を効果的に除去するには、バグフィルタを通過するガス温度をできるだけ低温にする必要がある。

当施設では、従来からダイオキシン類低減対策をしながら、焼却量を確保するため燃焼温度を $850\sim 1050^\circ\text{C}$ で設定し、バグフィルタを通過するガス温度を 230°C にしていたので、高い温度設定となっていた。

そのため、燃焼温度の設定を $850\sim 950^\circ\text{C}$ に変更し、焼却量や各冷却システムの見直しを行うが、構造的な問題もありバグフィルタ通過温度は 200°C 前後となる。

なお、ダイオキシン類低減対策として 800°C 以下にならないようにする。

これにより、20～45%程度の除去を見込む。(出典：活性炭の応用技術)

イ 活性炭吹き込み

当施設では、排ガスの低温化のみでは対応できないため、脱塩反応塔に活性炭を0.45g/Nm³-Dry 程度吹き込み吸着除去を行い、排ガスの低温化と併せて90%程度の除去を見込む。(出典：活性炭の応用技術)

(2) 暫定対策 (別紙3 運転スケジュール)

排ガスの低温化を行い、煙突部にて簡易水銀分析計で当面の間1時間ごとに、排ガス中の水銀濃度を確認しながら活性炭吹き込み量を手動制御し、排ガス水銀濃度が50μg/Nm³を超えない運転をする。

基準超過及びその恐れがある場合は、直ちに焼却炉を停止する。

運転再開前には、ごみ焼却施設内に水銀が残留しないよう揮発したガス状水銀が付着する可能性が高いバグフィルタ以降の各種機器及び煙道内の清掃を重点的に実施する。

運転再開後は速やかに測定業者による排ガス、焼却灰、バグ灰の水銀濃度の測定も行い確認する。なお、バグ灰は、測定結果が出るまで施設外に搬出をしない。

(3) 運転再開

上記対策を2号炉に実施し、1か月間検証運転を行い、状況を確認する。良好な状況が確認できたら、2号炉を本格稼働する。その後1号炉についても改善対策を実施し、検証後、稼働する。

(4) 恒久対策

排ガスの低温化を行い、連続式水銀計を1号炉、2号炉の煙突部分に1か所ずつ設置し、その値により活性炭の吹き込み量制御を自動で行い、排ガス水銀濃度が50μg/Nm³を超えない運転をする。

以上