

# 焼却処理時における水銀を含有する廃棄物の管理方法

(正) 大岡幸裕<sup>1)</sup>、(賛) 草野洋平<sup>1)</sup>、(賛) 小野綾子<sup>1)</sup>、(賛) 加藤正敏<sup>1)</sup>  
 1) 株式会社クレハ環境

## 1. はじめに

2015年10月に採択された、水銀に関する水俣条約(以下、「水俣条約」という。)を担保するための国内の措置として、水銀による環境の汚染の防止に関する法律が新たに制定され、大気汚染防止法・施行令や廃棄物処理法施行令・施行規則が改正された。今後は水銀含有廃棄物に係るガイドライン策定や、排ガスの排出基準設定等が予定されており、廃棄物を取り巻く環境にも変化が生じてきている。

先般、中央環境審議会にて検討された、水俣条約を踏まえた水銀大気排出対策<sup>(1)</sup>によると、既存の廃棄物焼却施設においては、バグフィルター又はスクラパーをBATと想定しており、排ガスの水銀排出抑制効果があるとされている。水銀を含有する廃棄物を焼却した際、水銀は元素水銀(Hg<sup>0</sup>)の形態で気相側へ移行する。元素水銀(Hg<sup>0</sup>)は洗煙の冷却過程で凝縮して粒子状になるものと、そのままガス状で存在するものに分かれるが、燃焼ガス中に塩素が共存する場合は、塩化水銀となり可溶性の2価水銀(Hg<sup>2+</sup>)に酸化される。尚、水銀大気排出対策の調査<sup>(1)</sup>によると、廃棄物焼却炉における排ガス中の水銀は、ガス状水銀(Hg<sup>0</sup>)が支配的である。粒子状水銀(Hg<sup>0</sup>)および2価水銀(Hg<sup>2+</sup>)については、バグフィルター、スクラパー又は電気集塵機等により除去されるが、ガス状水銀(Hg<sup>0</sup>)を十分に除去することは困難であることが窺える。

一方で、今後の廃棄物処理法においては、高濃度に水銀を含む廃棄物は水銀回収の義務付けが検討されていることから、水銀を含有する焼却対象物は減少するとされている。しかし、水銀剤が混入する埋設系 POPs 廃農薬や、コークス炉スラッジ等のように、焼却により無害化する必要のある廃棄物も存在していることが現状である。また、我が国の特徴として、焼却処理により埋め立て処分量を削減する必要があるため、水銀含有廃棄物であっても焼却処理されている場合がある<sup>(1)</sup>。

本稿では、水俣条約に対応するために必要な廃棄物焼却炉に対する投入物と排出物の管理について考察した。

## 2. 水銀を含有する廃棄物の測定方法

特別管理産業廃棄物の判定基準では、焼却処理を行う上で必要な水銀濃度を得ることは適していない。表1にこれまでに当社が取り扱った廃棄物について、分析方法ごとに同一試料で測定した結果を整理した。溶出試験による判定のみでは、焼却処理する廃棄物に含有する水銀のリスクを捉えることが困難であり、評価としては不十分であることが解る。また、～の含有試験の結果を比較すると、のみ大きく乖離し低い値である。焼却処理する廃棄物中の水銀含有量を評価する上では、は不適であり、又はを選択するべきであると考えられる。はオンサイトでのスクリーニング測定が容易であり、大量のストックヤードや容器数が多い場合の代表性を担保するには有効である。焼却処理する廃棄物の水銀リスクを把握する上では、廃棄物の状態に応じた分析方法を選定する必要があるが、現行の廃棄物処理法では求められていないのが現状である。

表1 廃棄物に関わる分析方法別の水銀測定結果

	溶出試験	含有試験(還元/土壌)	含有試験(還元/底質)	含有試験(加熱)	含有試験(X線)	
測定方法	特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法(厚生省告示192号)	土壌含有量調査に係る測定方法を定める件(環境省告示第19号)	底質調査方法5.14.1.2(環水大発120725002号)	石炭類-全水銀の定量方法(JIS M 8821 附属書3)	ハンドヘルド型蛍光X線分析計による測定	
測定結果	土壌系の汚泥	<0.0005 mg/L	< 1 mg/kg	88 mg/kg	120 mg/kg	120 mg/kg
	コークス炉スラッジ	0.0012 mg/L	18 mg/kg	3800 mg/kg	2400 mg/kg	4500 mg/kg
	廃農薬	160 mg/L	46 mg/kg	1800 mg/kg	1200 mg/kg	2100 mg/kg
特徴	埋立処分した際の雨水等による環境汚染を想定した評価方法。汚泥の水銀に関する判定基準は0.005mg/Lである。	有害物質等を含む土壌を口や肌などから直接摂取することによるリスクを想定した評価方法。廃棄物中の含有試験としては不適。	底質は水環境において有害物質等が蓄積・溶出する媒体であるため、底質中の化学物質等の正確な濃度を把握する手法とされている。酸化雰囲気下で全水銀を抽出するため、廃棄物焼却処理を想定した評価にも適している。	加熱温度800 で生じた水銀を測定することで、焼却時のHg負荷が解る。試料量が少量であるため、代表性を担保することが難しい。	X線を照射して測定するオンサイトでのスクリーニング手法。廃棄物の状態に合わせて代表性を考慮して測定できる。	

## 3. 廃棄物焼却炉の概要

当社では、表2に示す通り、計5基の廃棄物焼却炉が稼働している。処理品目の特徴として、ロータリーキルン式では化学品製造業等から排出される特定有害物質を含む特別管理産業廃棄物を取り扱っており、水銀を含む廃棄物も対象品目の一つである。当該施設では、特定有害物質や塩素・硫黄等を含む多種多様な廃棄物を混焼して処理している。キルンストーカー式・流動床式では、建設系の産業廃棄物を主に処理しており、水銀を含有する廃棄物は処理していない。しかし、感染性を含む医療系廃棄物には水銀使用製品の混入が懸念されている。

【連絡先】〒974-8232 福島県いわき市錦町四反田30番地 株式会社クレハ環境  
 草野洋平 TEL: 0246-63-1231 FAX: 0246-63-1380 E-mail: youhei\_kusano@kurekan.co.jp  
 【キーワード】産業廃棄物焼却施設、水銀含有廃棄物、水俣条約、含有量、排ガス水銀連続測定

(1) ロータリーキルン式焼却炉

1次燃焼炉(1,000~1,100程度)と2次燃焼炉(850~950程度)にて、焼却を行っている。燃焼ガスは洗煙過程で80程度に急冷し、スクラバーによる可溶性成分の吸収と電気集塵機による除塵を経て排ガスとして排出している。また、洗煙水は排水処理設備による重金属類等を沈降後、脱水機により排水とばいじん(脱水汚泥)に分離して排出している。尚、当該施設は県条例により、水銀の排ガス規制(1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )が定められている。

表2 廃棄物焼却炉一覧

施設名	焼却方式	洗煙方式		処理能力	主な処理品目	排ガスの水銀規制
7号炉	ロータリーキルン式	湿式	スクラバー+電気集塵機	238 t/日	産業廃棄物(汚泥、廃油、廃酸、廃アルカリ、廃プラ等)	あり (1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 県条例
8号炉	ロータリーキルン式	湿式	スクラバー+電気集塵機	238 t/日	特別管理産業廃棄物(感染性廃棄物、特定有害、低濃度PCB廃棄物等)	
1号炉	キルンストーカ式	半乾式	バグフィルター	70 t/日	産業廃棄物(汚泥、廃プラスチック類、紙くず等) 特別管理産業廃棄物(感染性廃棄物等)	なし
2号炉	キルンストーカ式	半乾式	バグフィルター	70 t/日		
3号炉	流動床式	半乾式	バグフィルター	70 t/日		

(2) キルンストーカ式焼却炉

キルンおよびストーカ燃焼室(900~1,000程度)で焼却を行い、燃焼ガスはボイラで熱回収し、減温反応塔にて冷却(160~170程度)を行い、バグフィルターでのアルカリ剤による吸収処理と除塵後に排ガスとして排出している。飛灰はキレート剤による重金属固定化処理を行い、ばいじんとして排出している。

(3) 流動床式焼却炉

焼却炉の流動床内(800~900程度)で燃焼した固形物は不燃物として排出し、ガス成分はフリーボード部(900~950程度)で燃焼している。燃焼ガスはキルンストーカ式と同様に処理し、排ガスとばいじんを排出している。

4. 焼却処理時における排ガス中の水銀の挙動と焼却炉別の特性

(1) 焼却過程の水銀の挙動

当社のロータリーキルン式焼却炉において、水銀のバランス調査を実施したところ、排ガスと洗煙水に5割程度ずつ平均的に存在しており、排ガス中には5~7割程度、洗煙水中には3~5割程度で存在することを確認した。焼却時に共存する塩素等のハロゲン量の変動に伴い、燃焼ガス中における水銀の形態を正確に捉えることは困難である。また、過去の調査時にて、燃焼ガスと排ガスの水銀濃度に逆転現象が生じたことから、洗煙水に吸収された水銀は、循環過程にて還元され再度気相側へ揮散する可能性も示唆されている<sup>(2)</sup>。

(2) 排ガス水銀の焼却炉別特性

当社の廃棄物焼却炉における排ガス中の水銀排出状況を調査したところ、図1に示す通り、処理品目と洗煙方式に応じた炉別のパターンに分類できた。測定は日本インスツルメンツ社製のEMP-2(携帯型水銀連続測定装置)を用いた。

パターンは7号炉および8号炉を調査した際の一例である。グラフ中の20~30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度のベースラインは、水銀を含む汚泥状の廃棄物を連続的に投入していることによる意図的な要因と、洗煙水中に吸収された水銀が還元と気液平衡により揮散することで生じる非意図的な要因が考えられる。また、間欠的に生じている200~350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度のピークは医療系廃棄物や廃電子機器類に混入する水銀使用製品等の、非意図的なものと考えられる。

パターンは1号炉および2号炉を調査した際の一例である。建設系の廃棄物である廃プラスチック類や木くず等を主に処理しており、水銀を含む廃棄物は投入されないため、パターンのようなベースラインは生じていない。しかし、医療系廃棄物をバッチ投入しているため、パターンと同様の間欠的なピークが生じていると考えられる。

パターンは3号炉を調査した際の一例である。水銀のピークが生じていないのは、汚泥状の廃棄物および医療系廃棄物の投入がないことによると考えられる。

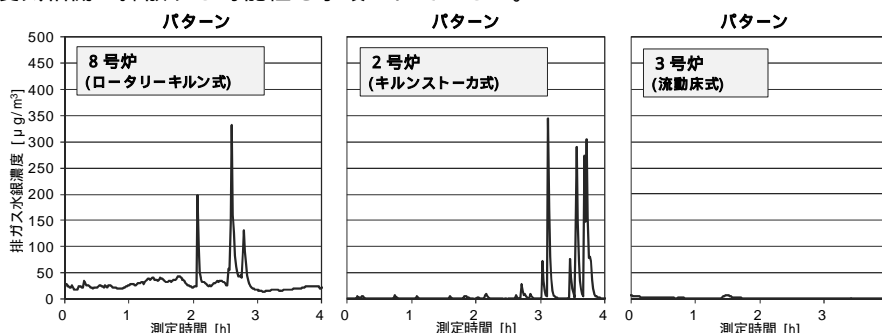


図1 排ガス水銀濃度の炉別特性

5. まとめ

焼却処理が必要な廃棄物の中には、水銀を含有する廃棄物も存在するのが現状である。しかし、現行の廃棄物処理法の判定方法では焼却時のリスクを判断することはできていない。また、排ガス中の水銀は処理品目や洗煙方式に応じて、意図的な要因と非意図的な要因が混在することが本稿の調査で確認できた。今後の排ガス規制の対応にあたっては、洗煙設備の水銀除去能力の向上も重要ではあるが、焼却炉に受け入れる前の分別や濃度把握などインプット対策が非常に重要である。

- 参考文献 -

- (1)水銀に関する水俣条約を踏まえた水銀大気排出対策の実施について(第一次答申)平成28年6月中央環境審議会
- (2)有害金属対策策定基礎調査専門検討会 平成17年度排出インベントリ作成のための基礎予備調査結果