

汚泥資源化センターと隣接する 水再生センターにおける水銀の挙動

横浜市 中井 喬彦

○樽井 友理江

1. はじめに

平成 29 年 8 月から水俣条約が発効し、大気や水に排出される水銀の規制が世界的に厳しくなっている。それに伴い日本でも大気汚染防止法が改正され、下水汚泥焼却炉も水銀排出規制の対象となった。横浜市では平成 28 年度の調査において、水銀が焼却炉の洗煙装置を通じて汚泥資源化センターと隣接する水再生センターとの間を循環していることが明らかとなっている。今後の対応を検討するためのデータを得るため、両センター内の水銀の挙動調査を実施した。その結果を報告する。

表 1. 焼却設備概要

		処理能力 [t/日]	洗煙処理 設備	集塵装置
北セ	4号炉	150	排煙処理塔	セラミック フィルター
	5号炉	200	炉内脱硫	セラミック フィルター
南セ	燃料化炉	150	排煙処理塔	電気集塵機
	4号炉	200	排煙処理塔	バグフィルター

2. 調査方法

(1) 調査概要

横浜市では市内に 11 施設ある水再生センターの下水汚泥を、北部汚泥資源化センター（以下、北セ）と南部汚泥資源化センター（以下、南セ）の 2 か所で集約処理している。汚泥資源化センターの汚泥処理に伴って発生する返流水は各々隣接した北部第二及び金沢水再生センター（以下、北二、金沢）で処理している。水再生センターに流入する水銀及び排出される水銀については既存データを使用、汚泥資源化センターの各処理の工程試料については水銀含有量を測定し、物質収支の調査を行った。排ガスは除去方法を検討するために、水溶性・非水溶性・粒子状の 3 形態について水銀濃度を調査した。北セ及び南セの焼却設備の概要を表 1 に示す。

(2) 調査対象試料・測定方法

今回水銀調査を行った地点を図 1 に示す。①～⑫の地点で水銀濃度の調査を行った。測定項目と試料、測定・分析方法の詳細を表 2 に示す。

(3) 調査日

南セは平成 30 年 2 月 22 日、北セは同月 27 日に試料の採取を行った。既存データは平成 30 年 1 月に行った定例試験の値を採用した。金沢の調整汚泥の水銀濃度は定例試験で継続的に検出されているため、平成 28 及び 29 年度に行った 4 回の定例試験の平均値を用いた。

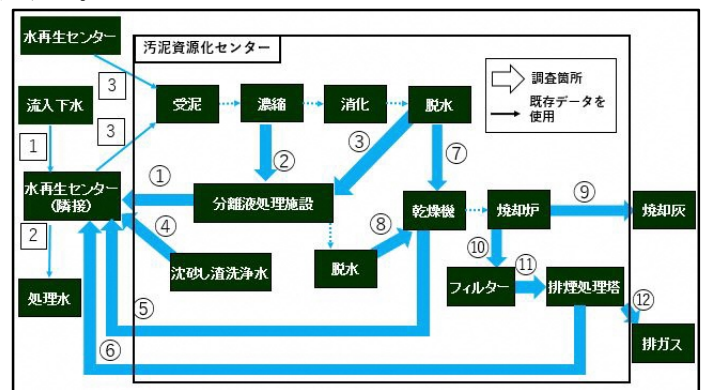


図 1. 水銀調査地点（北セ焼却 4 号炉の例）

表 2. 測定方法と試料

測定項目	測定試料	測定・分析方法	
総水銀	水質試料	①分離液処理水	昭和46年環境庁告示第59号 水質汚濁に係る環境基準について 付表1
		②濃縮分離液	
		③脱水分離液	
		④沈砂し渣洗浄水	
		⑤スクラバー排水（乾燥機）	
		⑥洗煙処理塔排水	
脱水ケーキ 焼却灰試料	⑦消化脱水ケーキ	底質調査方法 平成24年8月環境省水・大気環境局 硝酸・過マンガン酸カリウム還元分析法	
	⑧分離液脱水ケーキ		
	⑨焼却灰*1		
水溶性水銀 非水溶性水銀 粒子状水銀	排ガス試料	⑩炉出口ガス	平成28年環境省告示第94号 排出ガス中の水銀測定法
		⑪フィルター後ガス	
		⑫煙突ガス	
総水銀 (既存データ)	水質試料	1 流入下水 2 処理水 3 調整汚泥	昭和46年環境庁告示第59号 水質汚濁に係る環境基準について 付表1

*1 南セ燃料化炉は炭化物

3.調査結果および考察

(1) 焼却炉及び燃料化炉の排ガス中の水銀

図 2 に各焼却炉及び燃料化炉の排ガス中の水銀負荷量を示す。白抜きの数字が水溶性水銀、黒数字が非水溶性、四角囲みの数字が粒子状水銀の負荷量である。フィルター（バグフィルターまたはセラミックフィルター）及び洗煙処理設備を有する北セ 4 号炉及び南セ 4 号炉については、フィルター後では非水溶性水銀が減少し、さらに洗煙処理後の煙突では水溶性水銀が減少していた。両焼却炉の煙突では水銀負荷量は低かった。一方、北セ 5 号炉は元々炉出口で非水溶性水銀が少なく、フィルター後の煙突では非水溶性水銀は検出されなかった。しかし洗煙設備がないため、水溶性水銀は十分除去できていなかった。排出される水銀のほぼ全てが水溶性水銀であるため、洗煙処理が有効であると考えられる。

南セ燃料化炉については、洗煙処理で水溶性水銀が大きく減少し、非水溶性水銀もわずかに減少した。しかし、電気集塵機では非水溶性水銀は十分除去できず、煙突で水銀が検出された。フィルターではろ布上に堆積した飛灰による水銀除去が起こると報告されているが、電気集塵機ではこの水銀除去が起きないことが考えられる¹⁾。

また、フィルター後に水溶性水銀が増加しているが、飛灰の堆積したバグフィルター通過後の水銀については形態変化することが報告されている²⁾。北セ 5 号炉ではフィルター通過後の水銀の総量がやや増加しており、測定誤差またはフィルター内で捕捉された水銀が再溶出している可能性も考えられる。

排ガス中の水銀負荷量の高い北セ 5 号炉と南セ燃料化炉については、排ガスの水銀負荷量の低減に向けて対策を検討している。

(2) 水再生センター及び汚泥資源化センターの水銀の物質収支

北セ及び南セの水銀の input、output を中心とした物質収支の概略図を図 3,4 に示す。北セ、南セともに output の割合は排ガス>灰>放流水の順に高く、北セの物質収支を見ると、output/input が 94%であり、output と input がほぼ同程度の結果であった。循環する水銀量は大きく変化していない可能性がある。排ガスの水銀濃度の高い北セ 5 号炉に洗煙設備を設置して、その排水を北二に返流させる場合、output が減り、input の方がさらに大きくなるため、水銀が汚泥資源化センター内で蓄積していく可能性が考えられる。このため、北セ 5 号炉の水銀除去については洗煙処理以外にも検討する必要がある。

一方、南セの物質収支を見ると output/input が 116%であり、こちらもほぼ同程度であるが、output がやや大きい結果となった。南セにおいても、循環する水銀量は大きく変化していない可能性が考えられた。排ガスの水銀濃度の高い燃料化炉で、何らかの排ガス対策を行って金沢に循環させる場合、output が減るため、水銀が汚泥資源化センター内で蓄積していく可能性が考えられる。

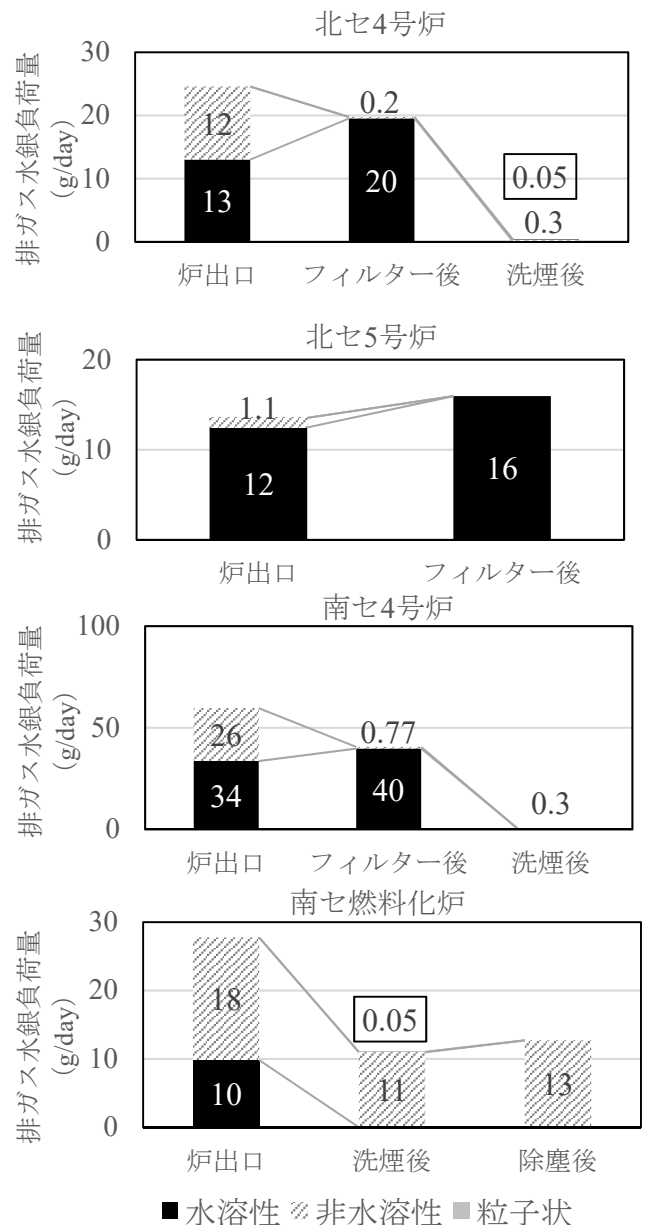


図 2 焼却炉及び燃料化炉の排ガス中の水銀濃度

過去の排ガスの水銀濃度や焼却灰・炭化物の水銀含有量の結果では測定値に変動があるため、今回の結果よりも output が多くなる可能性も考えられる。また、日本国内の水銀の取扱量も減ると水再生センターに流入する水銀量も減ると予想されることから、今後 input が減少していくと考えられる。このため、循環量を増やしても問題がない可能性もあるが、水再生センター及び污泥資源化センターの全体の水銀排出量を減らしていく場合には、循環量を減らす対策を講じる必要があると考えられる。

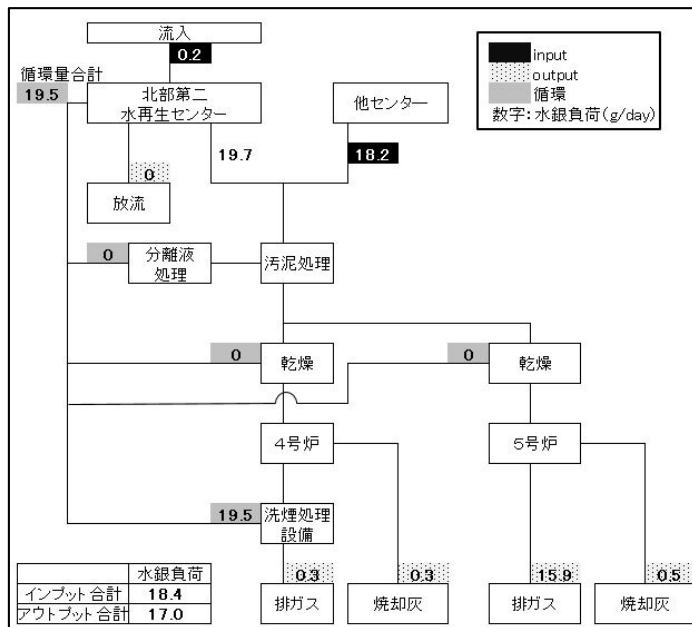


図 3. 北部污泥資源化センターの水銀物質収支

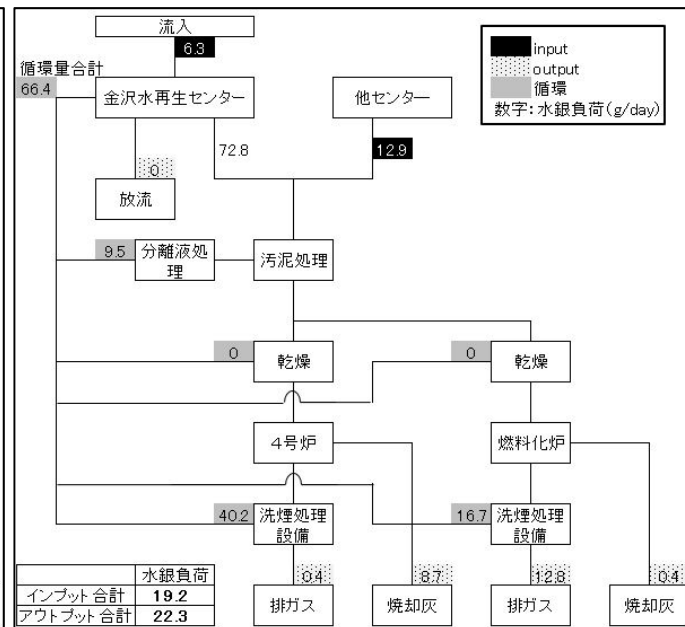


図 4. 南部污泥資源化センターの水銀物質収支

今回の調査結果で大まかな物質収支を把握することはできたが、一度の測定のみでは精度の高い物質収支の結果は得ることはできなかった。今後、水銀の物質収支を詳細に調べる場合、継続的な調査が必要である。

4. まとめ

- ・ 焼却設備の排ガスはフィルターで非水溶性水銀、洗煙処理で水溶性水銀が除去されており、集塵設備が電気集塵機の南セ燃料化炉では非水溶性水銀が残り、洗煙設備がない北セ 5 号炉では水溶性水銀が残った。
- ・ 北セ 5 号炉、南セ燃料化炉については、排出されている排ガスの水銀負荷が高く今後対策が必要である。
- ・ 北セ及び南セの水銀の物質収支を調べたところ、output と input がほぼ同程度であり、output の割合は排ガス>灰>放流水の順に高かった。今後、洗煙処理等を導入し、水銀の循環量が増えた場合、output が減少して水銀が蓄積し続ける可能性がある。

参考文献

- 1) 高岡昌輝、武田信夫、岡島重伸：飛灰抗生物質の粉粒体による排ガス中の水銀除去能に関する基礎的研究，廃棄物学会論文誌，Vol. 6, No. 6, pp. 235-244(1995)
- 2) 高岡昌輝、武田信夫：飛灰抗生物質の排ガス中の水銀除去能に関する研究，廃棄物学会論文誌，Vol. 10, No. 6, pp. 341-350(1999)
- 3) 横浜市環境創造局下水道水質課：水質試験年報（平成 20～24 年度），（2008～2012）

問い合わせ先：横浜市環境創造局下水道水質課 樽井友理江 email：yu00-tarui@city.yokohama.jp

〒231-0803 神奈川県横浜市中区本牧十二天 1-1 TEL：045-621-4343