

〈研究発表〉

階段式汚泥焼却炉における水銀収支の調査報告

杉田大智¹⁾, 水野孝昭¹⁾, 株丹直樹¹⁾, 宍田健一¹⁾
程英超²⁾, 大下和徹²⁾, 高岡昌輝²⁾

¹⁾ 株式会社タクマ 水処理技術部

(〒660-0806 兵庫県尼崎市金楽寺町2-2-33 E-mail: d-sugita@takuma.co.jp)

²⁾ 京都大学大学院工学研究科

(〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂Cクラスター1-3-463 E-mail: oshita.kazuyuki.6e@kyoto-u.ac.jp)

概要

下水汚泥焼却炉は全国的には流動炉が大半を占める一方で、近年省エネ・創エネ、温室効果ガス低減に効果の高い階段炉も導入が行われている。また水銀に関する水俣条約の採択を受けて、「大気汚染防止法の一部を改正する法律」が成立し、下水汚泥焼却炉も規制対象となることから、水銀の排出状況や排出特性を把握することは有用な情報となる。本研究では階段炉における水銀の収支を明らかにすることを目的として、汚泥、排ガス、給排水、焼却灰の量と、現地サンプリングによる成分分析にて濃度を把握し、その結果をまとめた。

キーワード：階段式汚泥焼却炉、水銀収支、大気汚染防止法、重金属

原稿受付 2018.6.29

EICA: 23(2・3) 125-127

1. はじめに

平成25年10月の「水銀に関する水俣条約」の採択を受けて、「大気汚染防止法の一部を改正する法律」が成立し、水銀の大気排出規制に係る法令が平成30年4月1日より施行された。廃棄物焼却炉である下水汚泥焼却炉も規制対象となることから、水銀の排出状況や排出特性を把握することは国内の下水汚泥焼却設備を有する自治体において有用な情報となる。本研究では階段炉における水銀の収支を明らかにすることを目的として、汚泥、排ガス、給排水、焼却灰の量と、これらの現地サンプリングによる成分分析にて濃度を把握し、その結果をまとめたので報告する。

2. 調査方法

2.1 対象とする汚泥焼却炉とサンプリングポイント

本研究で対象とする汚泥焼却炉は、A処理場にて稼働中の階段炉とした。フロー図およびサンプリングポイントをFig.1に示す。汚泥については脱水ケーキを、水については、除湿塔排水、冷却脱硫酸排水、湿式電気集じん機排水、灰出コンベヤ排水の4種類を、焼却灰は、主灰、落下灰(火格子の隙間からの灰)、ボイラダスト、マルチサイクロンダスト(以下、MCダスト)の4種類を、排ガスについては湿式電気集じん機出口排ガスをサンプリングした。なお、各排水については、INPUTとして機械用水、ストレーナ水を

用いているが、これらの水銀濃度分析の結果は不検出であった。

2.2 調査期間及び分析内容

サンプリングは同一季節の異なる時期に2回実施した。各サンプルの水銀(全水銀)の濃度分析を実施した。また、焼却灰についてはアルキル水銀の濃度分析と溶出試験(全水銀、アルキル水銀)も実施した。

3. 結果

3.1 焼却灰中の水銀含有量及び溶出量

焼却灰(主灰、落下灰、ボイラダスト、MCダスト)について、土壤汚染対策法で定める含有量基準(環告19号)に基づく水銀含有量試験結果をTable 1に、埋立判定基準(環告13号)と土壤汚染環境基準(環告46号)に基づく水銀溶出試験結果をTable 2, 3に示す。主灰、落下灰、ボイラダスト及びMCダストについて、含有量、溶出量ともに基準値を下回っていた。含有量については、主灰、落下灰は検出下限未満であったが、ボイラダスト、MCダストはわずかであるが全水銀が含有されていた。

3.2 水銀の収支と排出特性

各サンプリングポイントにおける量と濃度の分析結果から算出される水銀(全水銀)量をTable 4に示す。

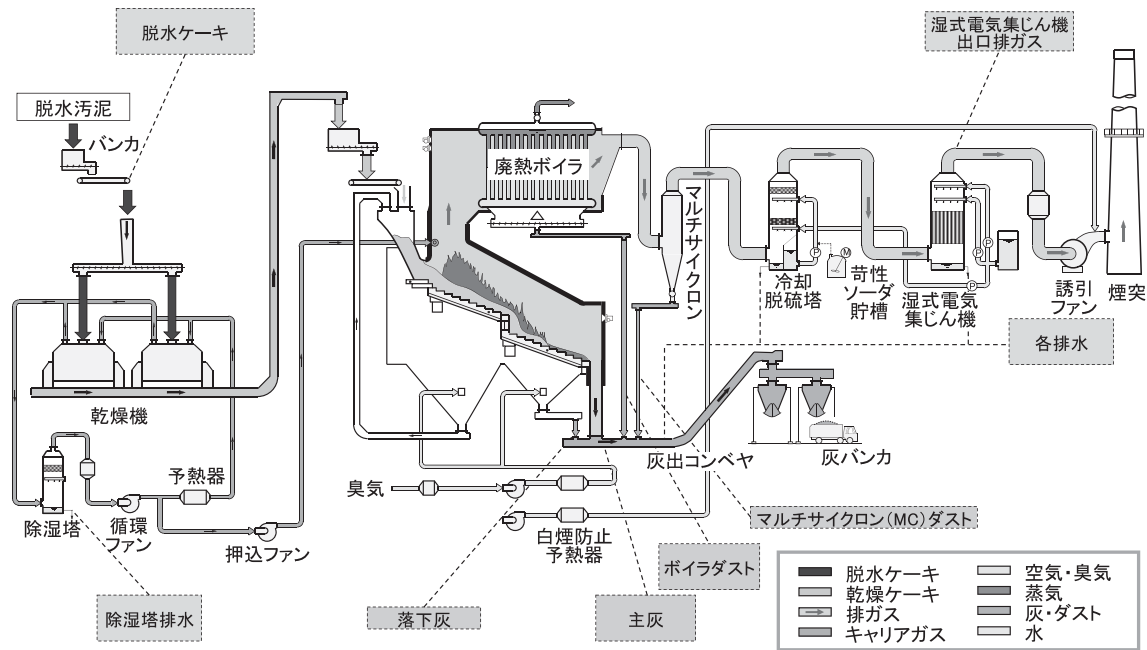


Fig. 1 Flow diagram of sewage sludge step grate furnace and sampling point

Table 1 Mercury content test results based on Soil Contamination Countermeasures Act (unit: mg/kg-dry)

		基準値	主灰	落下灰	ボイラダスト	MCダスト
1回目	全水銀	15	<0.01	<0.01	0.05	0.11
	アルキル水銀	—	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
2回目	全水銀	15	<0.01	<0.01	0.04	0.10
	アルキル水銀	—	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

Table 2 Mercury dissolution test results based on landfill criteria (unit: mg/L)

		判定基準	主灰	落下灰	ボイラダスト	MCダスト
1回目	全水銀	≤0.005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
	アルキル水銀	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
2回目	全水銀	≤0.005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
	アルキル水銀	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.

※ N. D. は不検出を示す。

Table 3 Mercury dissolution test results based on soil environment standards (unit: mg/L)

		判定基準	主灰	落下灰	ボイラダスト	MCダスト
1回目	全水銀	≤0.0005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
	アルキル水銀	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
2回目	全水銀	≤0.0005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
	アルキル水銀	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.

※ N. D. は不検出を示す。

Table 4 Total mercury calculated results (unit: mg/h)

測定対象	脱水ケーキ	主灰	ボイラダスト	MCダスト	冷却脱硫酸塔排水	湿式電気集じん機排水	排ガス
1回目	1,497	N. D.	0.002	0.038	1,307	60	125
2回目	1,385	N. D.	0.002	0.097	1,097	61	120

※ N. D. は不検出を示す。

脱水ケーキ中の水銀量を基準に各サンプリングポイントにおける水銀量の比率を移行率として求めた結果を Fig. 2 に示す。回収率 (OUT/IN) は1回目が99%、2回目が92%と、収支として概ね一致することが確認された。なお、Fig. 2 及び Table 4 には、水銀がほとんど含まれなかった (移行率0%程度) 主灰、落下灰、ボイラダスト、MCダスト、除湿塔排水、灰出コンベヤ排水中のうち、主灰のみを記載した。また、

階段炉における焼却灰の発生量としては、主灰が大半を占めている。

3.3 考察

以上の結果から、脱水汚泥に含まれる水銀は焼却灰にはほとんど移行せず、大半が排ガス処理設備の排水に、残りは排ガス側に移行した。この理由として、水銀の沸点が357℃と焼却炉の燃焼温度よりも低いことから、焼却することで気体となり、焼却炉下部より排出される主灰には移行しなかったと考えられる。一方、ボイラで排ガスが冷却されることで水銀の沸点以下となるため、ボイラダストやマルチサイクロンダストにわずかに含有されたものと考えられる。一般的に廃棄物焼却施設において、排ガス中にガス状態で存在する水銀は、燃焼プロセス後には、そのほとんどが2価の水

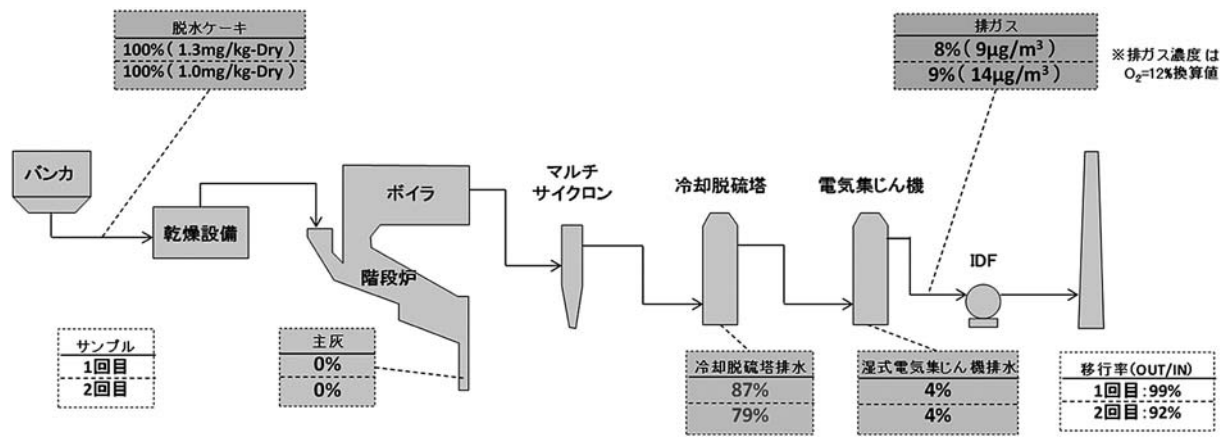


Fig. 2 Extraction rate of total mercury

銀で存在しているとされる¹⁾。これらは、非常に水に溶けやすいことから、大半が排ガス処理設備の排水に移行したと想定される。一方、排ガス中の全水銀のうち0価の水銀は水に溶けにくいことから、排水に移行しなかった水銀が排ガス中に残り大気放出されたものと想定される。

今回の調査結果では、排ガス処理設備通過後の排ガス中水銀濃度は、概ね 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度 (O₂=12% 換算) であり、大気汚染防止法の水銀規制値 (新設 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 既設 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) を十分下回っていることを確認した。

4. ま と め

- 下水汚泥焼却炉の階段炉を対象とし、焼却灰中の水銀含有量及び溶出試験を実施し、それぞれの基準値を下回っていることを確認した。

- 階段炉における水銀収支を調査し、脱水ケーキ中に含まれていた水銀の 80~90% 程度が冷却脱硫塔の排水へ移行することが明らかとなった。
- 本設備における排ガス処理設備通過後の排ガス中の水銀濃度は、概ね 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度 (O₂=12% 換算) であり、大気汚染防止法の規制値を下回っていることを確認した。

謝 辞

本調査実施にあたりご協力いただいた自治体殿の関係各位に対し、深く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- European Commission: Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration, p. 374 (2006)