

一般臭気用活性炭による共存ガス存在下でのガス状水銀の吸着・反応除去

寺嶋有史・飯野成憲*・辰市祐久・小泉裕靖

(*現：国立環境研究所)

【要約】本報では、一般臭気用活性炭における共存ガス存在下でのガス状塩化第二水銀の吸着・反応除去について検討した。その結果、ガス状塩化第二水銀の除去に対してはガス状金属水銀の結果と同様に、共存ガスの中で塩化水素の影響が二酸化硫黄、水蒸気に比べて顕著であることを明らかにした。

【目的】

「水銀に関する水俣条約」が発効し、国内で新たに大気への水銀の排出基準による規制が施行されている(2018年4月1日以降)。本研究では、都市ごみ焼却炉排ガス処理におけるバグフィルタによる活性炭処理に注目し、一般臭気用活性炭に対して共存ガス存在下でのガス状水銀(金属水銀： Hg^0 、塩化第二水銀： HgCl_2)の基礎的吸着・反応挙動について検討を行い、その排出の効果的な抑制と管理に関する技術情報を提供することを目的とする。

【方法】

既報¹⁾で示した「ガス状水銀と共存ガスの吸着・反応処理実験装置」は、ガス状水銀(Hg^0 、 HgCl_2 のどちらかを選択して供給)と代表的な共存ガス(3種、塩化水素： HCl 、二酸化硫黄： SO_2 、水蒸気： H_2O)を供給しつつ、ガス状水銀の排出挙動を測定する装置である。この装置を用い、一般臭気用活性炭において上記3種の共存ガス存在下でのガス状塩化第二水銀(HgCl_2)の除去について検討した。なお、本装置の実験条件については既知文献²⁾や種々の検討を経て確立された。それらの主な実験条件をまとめて、表1に示す。

【結果の概要】

ガス状水銀の吸着・反応除去の指標として水銀除去率¹⁾を以下の式で定義し、測定値にもとづいて算出した。

$$\text{■水銀除去率 (\%)} = (\text{測定された吸着・反応管入口の水銀濃度の積算値} - \text{同出口の積算値}) / \text{測定された吸着・反応管入口の水銀濃度の積算値} \times 100$$

本報では共存ガス存在下におけるガス状水銀全体の水銀除去率について考察するために、ガス状金属水銀の結果¹⁾についてもまとめて報告する。なお、共存ガスの混合条件については、それぞれ単独供給、2成分供給(「 $\text{HCl}+\text{SO}_2$ 」、「 $\text{HCl}+\text{H}_2\text{O}$ 」、「 $\text{SO}_2+\text{H}_2\text{O}$ 」)、3成分供給(「 $\text{HCl}+\text{SO}_2+\text{H}_2\text{O}$ 」)とし、実際のごみ焼却炉排ガス濃度に近い代表的な条件²⁾を選定して実施した。それらの条件と得られたガス状水銀(Hg^0 、 HgCl_2)の水銀除去率をまとめて表2に示す。

表2によると、 HCl 存在下(No. 1, 4, 5, 7)での両ガス状水銀の水銀除去率はすべて100%に近く(例外： HgCl_2 , No. 5, 160℃)、「共存ガスなし」状態ではほとんど吸着されないことを考えると、新たに生成した水銀化合物が活性炭の表面に吸着されて、高い除去率に寄与していると推察された。 SO_2 単独(No. 2)での水銀除去率への影響は Hg^0 においては濃度依存性があるが、 HgCl_2 においては濃度よりもむしろガス温度の影響が大きく、200℃では小さくなることが確認された。 H_2O 単独(No. 3)では「共存ガスなし」状態のデータと比較して、両ガス状水銀はほぼ同様の傾向を示した。また、「 $\text{SO}_2+\text{H}_2\text{O}$ 」(No. 6)における水銀除去率への影響は Hg^0 においては各成分単独に比べてかなり高い数値となったが、これは活性炭の脱硫反応由来の硫酸と Hg^0 の反応が水銀硫酸塩を生成させ、水銀除去に影響していると推察された。 HgCl_2 においては SO_2 単独と同様の傾向を示していた。

最後に、無添着活性炭に対するガス状水銀(HgCl_2)の排出挙動についてまとめると、上記例外や SO_2 供給時の挙動など Hg^0 に比べて考察が困難な結果はあるものの、大枠では Hg^0 の場合と同様に共存ガスの影響は HCl が顕著に大きく、続いて SO_2 、 H_2O の順であった。

【参考文献】1)寺嶋有史ら：東京都環境科学研究所年報，pp. 4-5(2019)

2)寺嶋有史ら：都市清掃，第73巻，第355号，pp. 40-43(2020)

表 1. ガス状水銀と共存ガスの吸着・反応処理実験装置における主な実験条件

項目	実験条件 (目安値を含む)	備考
全体ガス流量	3.0 [ℓ/min][基本流路(管内径:6mmφ)]	「共存ガスなし/あり」共通
ガス線速度	16 [cm/sec]	「吸着・反応管」(空塔)での値
ガス温度	160°C、200°C	※バグフィルタ稼働温度
ガス状水銀 (2種類)の 供給濃度	Hg ⁰ : 目安値: 100[μg/Nm ³] ※窒素ガス流量: 50~70 [ml/min]	窒素ガスによる移送後、希釈 恒温槽(冷却水循環式): 10°C
	HgCl ₂ : 目安値: 100~200 [μg/Nm ³] ※窒素ガス流量: 50 [ml/min]	窒素ガスによる移送後、希釈 湯温: 40°C
共存ガス (3種類)の 供給濃度	HCl: 150 ppm、300 ppm	高圧ガスボンベ/希塩酸からの供給
	SO ₂ : 15 ppm、50 ppm	高圧ガスボンベからの減圧供給
	H ₂ O(水分量): 室内空気、10%、20%	純水あるいは希塩酸の揮散供給
充てん剤	無添着活性炭(活性炭A、充てん量: 7.5g)	日本エンハイロケカル社製: 白鷺 G2C 4/8
測定時間	約 60[min]	代表値: 原則 n=2 測定の平均値

表 2. 活性炭Aに対する共存ガス存在下におけるガス状水銀 (Hg⁰、HgCl₂) の水銀除去率(%)

No.	共存ガス	HCl (ppm)	SO ₂ (ppm)	H ₂ O (%)	ガス温度 (°C、 2水準)	水銀除去率(160/200°C) <供給するガス状水銀>	
						Hg ⁰	HgCl ₂
参考	共存ガスなし	—	—	—(室内空気)	160/200	5.7/4.5	25.8/0.3
1	HCl	150	—	—	160	99.1	99.9
		150	—	—	200	97.4	99.7
2	SO ₂	—	15	—	160	5.9	85.9
		—	50	—	160	12.9	94.3
		—	50	—	200	13.2	43.5
3	H ₂ O	—	—	10	160	25.4	38.2
		—	—	10	200	3.8	3.7
		—	—	20	200	4.6	5.1
4	HCl + SO ₂	150	15	—	160	100	98.6
		300	50	—	200	98.0	100
5	HCl + H ₂ O	150	—	10	160	99.5	60.8
		150	—	10	200	—	99.9
		300	—	20	200	99.9	100
6	SO ₂ + H ₂ O	—	15	10	160	48.6	90.7
		—	50	10	160	—	93.1
		—	50	20	200	48.5	72.0
7	HCl + SO ₂ + H ₂ O	150	15	10	160	99.7	99.9
		300	50	20	200	97.5	99.9